అధ్యాయం

3

కాంతి పరావర్తనం

6వ తరగతిలో మనం 'నీడలు ఏర్పడే విధానం' గురించి నేర్చుకున్నాం. కాంతి కిరణాలతో చాలా ప్రయోగాలు చేశాం. అంతేగాక 'కాంతి ఋజుమార్గ ప్రసరణ' అంటే సరళరేఖా మార్గంలో కాంతి ప్రయాణించడం గురించి తెలుసుకున్నాం. 7వ తరగతిలో కాంతి పరావర్తన నియమాలను నేర్చుకున్నాం.

ఒకసారి వాటిని గుర్తు చేసుకుందాం.

- నీడలు ఏర్పడడానికి ఒక కాంతిజనకం, అపారదర్శక పదార్థం మరియు తెర కావాలి.
- కాంతి ఋజుమార్గంలో ప్రయాణిస్తుంది.
- కాంతి ఏదేని ఉపరితలంపై పడి పరావర్తనం చెందినప్పుడు పతనకోణం (angle of incidence), పరావర్తనకోణం(angle of reflection) సమానంగా ఉంటాయి.
- పతన కిరణం (incident ray), పతనబిందువు వద్ద తలానికి గీసిన లంబం (normal) మరియు పరావర్తన కిరణం (reflected ray) అన్నీ ఒకే తలంలో ఉంటాయి.

మీ దైనందిన జీవితంలో వస్తువుల నీడలను, ప్రతిబింబాలను మీరు చూస్తూ ఉంటారు. వాటిని పరిశీలించేటప్పుడు మీ మదిలో అనేక సందేహాలు కలిగి ఉంటాయి కదా!

- కొన్ని అద్దాలలో మన ప్రతిబింబం మనకన్నా సన్నగా లేదా లావుగా ఎందుకు కనబడుతుంది?
- అద్దంలో పార్శ్వ విలోమం (కుడి, ఎడమలు తారుమారు కావడం) ఎందుకు జరుగుతుంది?
- భూతద్దానికి బదులుగా ఏదైనా దర్పణం వాడి సూర్యకాంతిని ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరించగలమా?
- కాంతి ఏదైనా ఉపరితలంపై పడి పరావర్తనం చెందినప్పుడు, పరావర్తనకోణం పతనకోణానికి సమానంగా ఎందుకుంటుంది?
- కాంతి వక్రతలాలపై పరావర్తనం చెందినా, పతనకోణం-పరావర్తనకోణం సమానంగా ఉంటాయా?

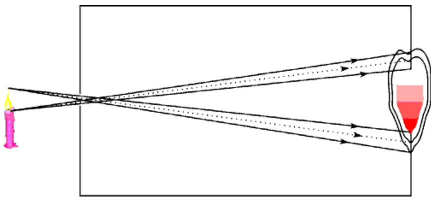
ఈ పాఠ్యాంశంలో కాంతి పరావర్తనం గురించి విపులంగా తెలుసుకొని పై సందేహాలకు సమాధానాలిచ్చే ప్రయత్నం చేద్దాం. ముందుగా కాంతి గురించి మనకు తెలిసిన విషయాలపై కొన్ని కృత్యాలు చేసి చూద్దాం.

కృత్యం 1

పిన్‌హోల్ కెమెరాలో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం

పిన్‌హోల్ కెమెరాలో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం గురించి మీరు 6వ తరగతిలో నేర్చుకున్న అంశాన్ని జ్ఞప్తికి తెచ్చుకొండి. పిన్‌హోల్ కెమెరాలో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని తెలియజేసే కిరణచిత్రాన్ని గీయండి.

పిన్‌హోల్ కెమెరాలోని రంధ్రం పరిమాణం పెంచితే ఏం జరుగుతుందో ఊహించండి. పిన్‌హోల్ కెమెరా రంధ్రాన్ని కొద్దిగా పెంచి, దాని ద్వారా ఒక కొవ్వొత్తి మంటను పరిశీలించండి. ఆవిధంగా చూసినదానిని వివరించే కిరణచిత్రాన్ని గీయండి. పటం-1ని పరిశీలించండి.



పటం-1

పటాన్ని నిశితంగా పరిశీలిస్తే కొవ్వొత్తి పైభాగం నుండి బయలుదేరిన కాంతికిరణాలు కెమెరా తెరపై వివిధ బిందువుల వద్ద పడటం గమనించవచ్చు. అదేవిధంగా కొవ్వొత్తి మంట కింది భాగం నుండి వచ్చే కాంతికిరణాలు కూడా తెరపై వివిధ బిందువుల వద్ద పడుతున్నాయి. అనగా పిన్‌హోల్ కెమెరా యొక్క రంధ్రం కొంచెం పెద్దగా ఉంటే పటం-1లో చూపినట్లు ప్రతిబింబం కొంచెం మసకబారినట్లుగా ఏర్పడుతుంది.

ఆలోచించండి - చర్చించండి

- కెమెరాకు పెద్ద రంధ్రం చేసి చూస్తే ప్రతిబింబం పైన చర్చించిన విధంగానే ఏర్పడిందా?
- కెమెరా రంధ్రం ఇంకా పెద్దగా అనగా కొవ్వొత్తి మంట పరిమాణంలో ఉంటే ఏం జరుగుతుంది?
- రంధ్రం పెద్దగా ఉన్నప్పుడు కెమెరా తెరపై కొవ్వొత్తి మంట ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందా? ఎందుకు?
- అదే కొవ్వొత్తి మంటను అదే పిన్‌హోల్ కెమెరాతో చాలా దూరం నుండి చూస్తే ఏం జరుగుతుంది?

ఆలోచించి సమాధానమివ్వండి. ప్రయోగపూర్వకంగా మీ సమాధానాన్ని సరిచూసుకోండి.

ఇప్పుడు కాంతి పరావర్తనం గురించి మీకు తెలిసిన అంశాలు గుర్తుకు తెచ్చుకొని కింది సమస్యను సాధించండి.

కృత్యం 2

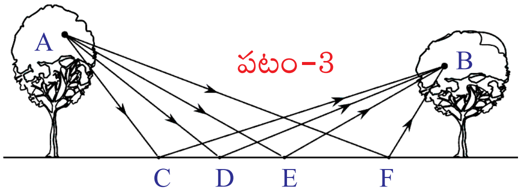
అతి దగ్గరి దూరాన్ని కనుగొనండి

పటం-2లో చూపినట్లు ఒక చెట్టుపై 'A' అనే స్థానం వద్ద ఒక తెలివైన కాకి ఉంది. నేలపై కొన్ని ధాన్యపు గింజలు చల్లబడి ఉన్నాయి. ఆ కాకి నేలపై ఉన్న గింజలలో ఏదో ఒక దానిని తీసుకొని త్వరగా (అతి తక్కువ కాలంలో) వేరొక చెట్టుపై ఉన్న 'B' అనే స్థానం వద్దకు చేరాలంటే, నేలపైనున్న ఏ స్థానంలోని గింజను అది తీసుకోవాలి?

కోణాలు, త్రిభుజాల గురించి మీకున్న గణిత పరిజ్ఞానాన్ని వినియోగించి, కాకి ఏ మార్గాన్ని ఎన్నుకుంటుందో మీరు ఊహించగలరా? వీలుకాకపోతే కింది వివరణ చదవండి.

పటం-2

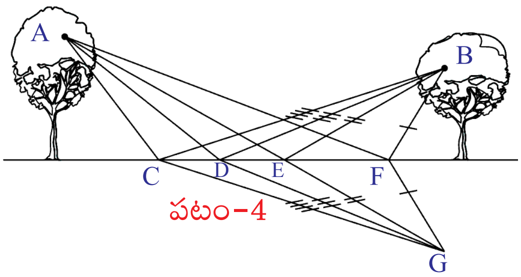
కాకి నేలపైనున్న ఏ స్థానంలోని గింజనైనా తీసుకోవచ్చు. కానీ నిబంధన ఏమంటే, A స్థానం నుండి B స్థానానికి అతి త్వరగా వెళ్ళేందుకు వీలయ్యేటట్లు నేలపై ఒక స్థానాన్ని అది ఎన్నుకోవాలి. కాకి యొక్క వేగం స్థిరమని భావిస్తే, అది త్వరగా వెళ్ళాలంటే దగ్గరి మార్గం (తక్కువ పొడవున్న మార్గం) ఎన్నుకోవాలి. ఆ దగ్గరి మార్గాన్ని కనుగొందాం.



పటం-3

పటం-3లో చూపిన వివిధ మార్గాలను పరిశీలించండి. ACB, ADB, AEB, AFB మార్గాలలో ఏది దగ్గరి మార్గం?

ఆయా దూరాలను పోల్చి చూడడానికి పటం-4లో చూపినట్లు ఆ మార్గాల నకళ్ళను తయారుచేసాం.



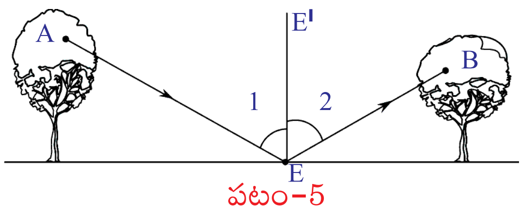
పటం-4

పటం-4 ప్రకారం CB = CG. కావున ACB = AC+CB = AC+CG = ACG. అనగా ACG పొడవు ACB పొడవుకు సమానం. అదేవిధంగా ADB = ADG., AEB = AEG, AFB = AFG.

పటం-4ను పరిశీలిస్తే ACG, ADG, AEG, AFG మార్గాలలో అతితక్కువ దూరం కలిగినది AEG. అని తెలుస్తుంది. ఎందుకనగా AEG అనేది A నుండి Gకు గల సరళరేఖా దూరం. ఈ విషయాన్ని స్కేలుతో కొలిచి కూడా మీరు నిర్ధారించుకోవచ్చును. AEG = AEB కావున A నుండి Bకు చేరడానికి అతిదగ్గరి మార్గం AEB అవుతుంది. ఆ మార్గంలో వెళితేనే తక్కువ సమయం పడుతుంది. కాబట్టి ఆ కాకి 'E' అనే స్థానం వద్దనున్న గింజనే తీసుకుంటుంది.

పటం-5లో చూపబడిన AEB మార్గాన్ని మరొకసారి పరిశీలించండి.

'E' బిందువు వద్ద EE^{I} అనే లంబాన్ని గీస్తే కోణం AEE^{I}(1), కోణం E^{I}EB (2) సమానంగా ఉన్నాయని గుర్తించవచ్చు. పై సందర్భంలోని కాకివలె కాంతి కూడా తక్కువ సమయం పట్టే మార్గంలోనే ప్రయాణిస్తుంది. ఈ విషయాన్ని మొదటగా ఫ్రెంచ్ న్యాయవాది, ఔత్సాహిక గణిత శాస్త్రవేత్త అయిన **పియరి. డి. ఫెర్మాట్** తెలియజేశాడు. కాంతి పరావర్తనానికి కూడా ఇది వర్తిస్తుంది. కాంతి ఏదైనా తలంపై పరావర్తనం చెందినప్పుడు కూడా అది తక్కువ కాలంలో ప్రయాణించగల మార్గాన్నే అనుసరిస్తుంది. అందువల్లనే పటం-5లో చూపినట్లు పరావర్తనకోణం, పతనకోణానికి సమానంగా ఉంటుంది.



పటం-5

కాంతి పరావర్తనం గురించి వివరంగా తెలుసుకునేముందు ఒక సరదా కృత్యం నిర్వహించి మీ పూర్వజ్ఞానాన్ని పరిశీలించుకోండి.

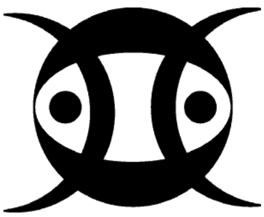
కృత్యం 3

'కాంతి పరావర్తనం' గురించి మీ అవగాహనను సరిచూసుకోండి

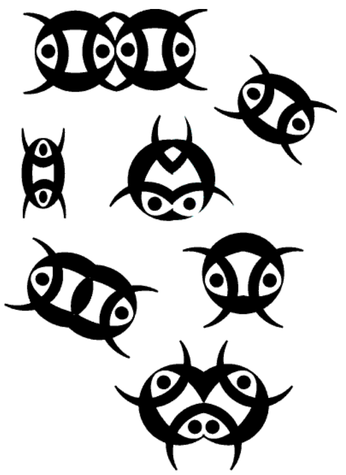
6(ఎ), 6(బి) పటాలను పరిశీలించండి. మీకు ఒక సమతలదర్పణం (అద్దం) ఇచ్చారనుకోండి.

- ఆ అద్దాన్ని మరియు పటం-6(ఎ) లోని బొమ్మను ఉపయోగించి మీరు పటం 6(బి) లోని బొమ్మలను ఎలా ఏర్పరుస్తారు?

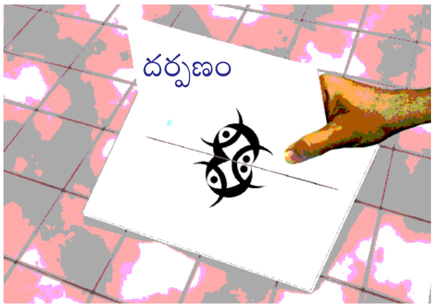
పటం-6(ఎ)లోని బొమ్మపై అద్దాన్ని లంబంగా ఉంచి 6(బి)లోని బొమ్మలను ఏర్పరచడానికి ప్రయత్నించండి. బొమ్మపై అద్దాన్ని ఉంచవలసిన విధానాన్ని పటం-6(సి) లో చూడవచ్చు.



పటం-6(ఎ)



పటం-6(బి)



పటం-6(సి)

- పటం-6(బి)లోని అన్ని బొమ్మలను మీరు ఏర్పరచగలిగారా?

మీ స్నేహితుల సహకారంతో ఈ కృత్యాన్ని పూర్తి చేయండి.

ఇప్పుడు సమతల ఉపరితలాలపై కాంతి పరావర్తనం గురించి వివరంగా తెలుసుకుందాం.

సమతల దర్పణాలతో కాంతి పరావర్తనం

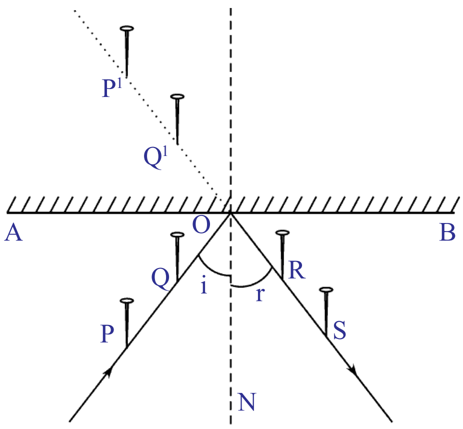
ప్రయోగశాల కృత్యం-1

ఉద్దేశ్యం: కాంతి పరావర్తన సూత్రాలను సరిచూడడం.

కావలసిన వస్తువులు: అద్దం, డ్రాయింగ్ బోర్డు, తెల్లకాగితం, గుండుసూదులు, డ్రాయింగ్‌బోర్డు క్లాంపులు, స్కేలు మరియు పెన్సిల్.

పద్ధతి: ఒక డ్రాయింగ్ బోర్డును తీసుకొని క్లాంపుల సహాయంతో దానిపై ఒక తెల్లకాగితాన్ని అమర్చండి. కాగితం మధ్య భాగంలో AB అనే రేఖాఖండాన్ని గీయండి. AB పై ఏదేని బిందువు 'O' వద్ద AB కి లంబాన్ని (ON) గీయండి. పటం-7లో చూపినట్లు 'ON' తో కొంత కోణం

(i) చేసేవిధంగా PQ రేఖాఖండాన్ని గీయండి. P, Q బిందువుల వద్ద రెండు గుండుసూదులను నిలువుగా గుచ్చండి. AB వెంబడి నిలువుగా అమర్చిన అద్దంలో P, Qల వద్ద గుచ్చిన గుండుసూదుల ప్రతిబింబాలు P^I, Q^I లను పరిశీలించండి. పటం-7లో చూపినట్లు P^I, Q^Iలతో ఒకే వరుసలో ఉండేవిధంగా R, S ల వద్ద మరో రెండు గుండుసూదులను గుచ్చండి. R, S మరియు Oలను కలపండి.



పటం-7

ON, RS ల మధ్య కోణాన్ని (r) కొలవండి. పరావర్తనకోణం విలువ పతనకోణానికి సమానమని గుర్తిస్తారు. ఇదే ప్రయోగాన్ని వివిధ పతనకోణాలతో చేసి చూడండి. ప్రతీ సందర్భంలో ఏర్పడిన పరావర్తన కోణాన్ని (r) కొలవండి.

- అన్ని సందర్భాలలోనూ $i = r$ అవుతుందా?

ఇప్పుడు 2వ పరావర్తన సూత్రం గురించి ఆలోచించండి. పతనకిరణం, పరావర్తనకిరణం, లంబం ఏ తలంలో ఉన్నాయి? తెలుసుకుందాం.

పరావర్తన తలం (Plane of reflection)

పై కృత్యంలో కాగితంపైనున్న P, Q బిందువుల గుండా పోయే కిరణాన్ని పతనకిరణం అంటాం. R, Sల గుండా పోయేది పరావర్తన కిరణం. ON అనేది 'O' అనే బిందువు వద్ద అద్దానికి లంబం. అది కూడా కాగితంపైనే గీయబడి ఉంది.

- PQ, RS కిరణాలు మరియు ON లంబం అన్నీ ఒకే తలంలో ఉన్నాయా? ఉంటే ఆ తలం ఏది?

పతనకిరణం, పరావర్తనకిరణం మరియు లంబం కాగితం తలానికి సమాంతరంగా ఉన్న వేరొక తలంలో ఉన్నాయనుకుంటే ఆ తలం ఎక్కడుంటుంది?

పై కృత్యంలో P, Q, R మరియు S ల వద్ద గుచ్చిన గుండుసూదుల తలలన్నీ ఒకే ఎత్తులో ఉండేట్లు అమర్చామనుకుందాం. P, Q ల వద్ద గుచ్చిన గుండుసూదుల తలలను తాకుతూ పోయే కిరణం పతన కిరణం; R, Sల వద్ద గుచ్చిన గుండుసూదుల తలలను తాకుతూ పోయే కిరణం పరావర్తన కిరణం. అయితే;

- లంబం ఎక్కడ ఉంటుంది?
- పతనకిరణం, పరావర్తన కిరణం, లంబం ఏ తలంలో ఉంటాయి?

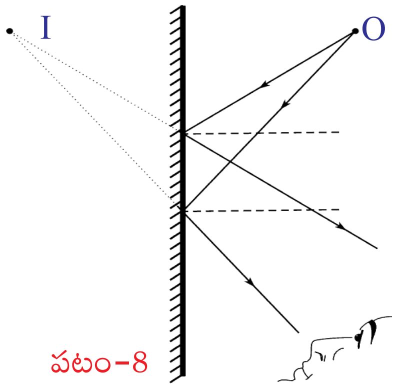
పతనకిరణం, పరావర్తనకిరణం మరియు లంబం ఉన్నటువంటి తలాన్ని **పరావర్తనతలం** అంటాం.

P, Q ల వద్ద గుచ్చిన గుండుసూదుల తలలు ఒకే ఎత్తులో లేవనుకోండి.

- పతనకిరణం ఎలా ఉంటుంది?
- పరావర్తనకిరణం ఎలా ఉంటుంది?
- లంబం ఎలా ఉంటుంది?

- పరావర్తన తలం ఎలా ఉంటుంది?

అద్దానికి ఎదురుగా రెండు గుండుసూదులను వివిధ ఎత్తులలో గుచ్చండి. సైకిల్ పుల్లలతో పతనకిరణం, పరావర్తనకిరణం, లంబాలను అమర్చండి. తరవాత పరావర్తన తలం ఏవిధంగా ఉంటుందో ఆలోచించండి.



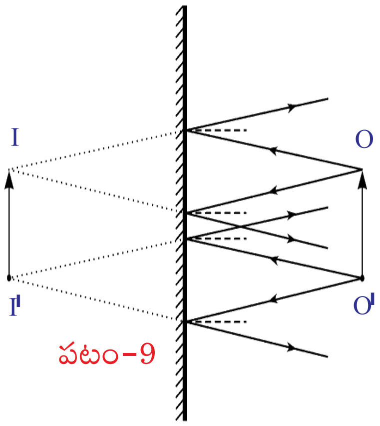
పటం–8

- సమతలదర్పణం (అద్దం) గుండుసూది లేదా ఏదైనా వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబాన్ని ఎలా ఏర్పరుస్తుంది?

తెలుసుకుందాం!

సమతలదర్పణంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం

O అనేది ఒక బిందురూప వస్తువు (point object). O నుండి బయలుదేరిన కొన్ని కాంతికిరణాలు సమతలదర్పణం చేత పరావర్తనం చెందాయి. మనం దర్పణంలోకి చూస్తున్నప్పుడు పరావర్తన కిరణాలన్నీ I అనే బిందువు నుండి వస్తున్నట్లు కనిపిస్తాయి. కాబట్టి I అనేది O యొక్క ప్రతిబింబం. పటం–8లో దర్పణం నుండి వస్తువు O, ప్రతిబింబం Iలకు గల దూరాలను పరిశీలించండి. వీటిని రమారమి అంచనాతో పోల్చండి. ఆ దూరాలు రెండూ సమానమని గుర్తించవచ్చు.



పటం–9

పటం–9లో చూపిన విధంగా దర్పణం ముందు ఒక వస్తువు OO^{I}ను ఉంచామనుకోండి. ఆ వస్తువు నుండి దర్పణానికి కొన్ని పతనకిరణాలను, దర్పణం నుండి బయలుదేరే పరావర్తన కిరణాలను గీయండి. ఇవి గీసేటప్పుడు కాంతి పరావర్తన నియమాలను పాటించండి.

మీరు గీసిన చిత్రం పటం–9లో చూపించిన విధంగా ఉండవచ్చు. పటం–9లో O బిందువు నుండి బయలుదేరిన కిరణాలు దర్పణం వల్ల పరావర్తనం చెందాక, I అనే బిందువు నుండి వస్తున్నట్లు కనబడతాయి. కాబట్టి O యొక్క ప్రతిబింబం I. అదేవిధంగా O^{I} బిందువు నుండి వచ్చే కిరణాలు దర్పణం చేత పరావర్తనం చెందాక, I^{I} అనే బిందువు నుండి వస్తున్నట్లు కనబడతాయి. కాబట్టి O^{I} యొక్క ప్రతిబింబం I^{I}. O, O^{I} బిందువుల మధ్యలో గల వివిధ బిందువుల నుండి వచ్చే కిరణాలు I, I^{I}ల మధ్య వాటి ప్రతిబింబాలను ఏర్పరుస్తాయి. కాబట్టి OO^{I} యొక్క ప్రతిబింబం I I^{I} అవుతుంది.

- వస్తువు పరిమాణంతో పోల్చినప్పుడు ప్రతిబింబం పరిమాణం ఎంత ఉంది?

సమతలదర్పణంతో ఏర్పడ్డ ప్రతిబింబం యొక్క పరిమాణం, దూరం, పార్శ్వ విలోమం (Lateral inversion) మొదలగు లక్షణాల గురించి ఇప్పుడు చర్చిద్దాం.

సమతల దర్పణంతో ఏర్పడిన ప్రతిబింబ లక్షణాలు

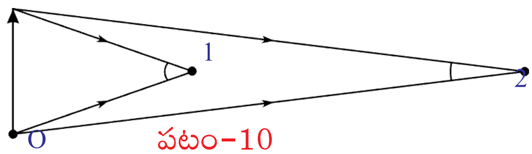
ఒక పెన్ను లేదా పెన్సిల్‌ను తీసుకొని మీ ఎదురుగా ఉన్న అద్దం ఉపరితలంపై ఆనించి పట్టుకోండి.

- పెన్సిల్ పరిమాణంతో పోల్చినప్పుడు దాని ప్రతిబింబ పరిమాణం ఎంత ఉంది?

పెన్సిల్‌ను అద్దం ఉపరితలం నుండి మీ కంటివైపుగా కదిలించండి. ఏం గమనించారు?

- ప్రతిబింబపరిమాణం పెరుగుతుందా లేదా తగ్గుతుందా?

సమతలదర్పణంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని పటం-9 తెలియజేస్తుంది. ఆ పటంలో వస్తువు, ప్రతిబింబాల పరిమాణాలు సమానంగా ఉన్నట్లు మీరు గమనించి ఉంటారు. మరి అద్దం ఉపరితలం నుండి పెన్సిల్‌ను మీ కంటివైపుగా కదిలించినప్పుడు దాని ప్రతిబింబపరిమాణం ఎందుకు తగ్గుతుంది?



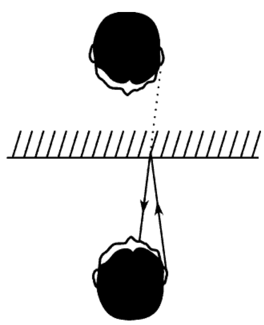
పటం-10

ఈ విషయాన్ని అవగాహన చేసుకోవడానికి పటం-10ని చూడండి. ఒక వస్తువు యొక్క పరిమాణాన్ని మన కన్ను ఎలా అంచనావేస్తుందో ఈ పటం వివరిస్తుంది. O వద్ద ఉన్న వస్తువును 1, 2 అనే పరిశీలకులు చూస్తున్నారు. 1వ స్థానంలో ఉన్న వ్యక్తి కంటే 2వ స్థానంలో ఉన్న వ్యక్తికి ఆ వస్తువు చిన్నగా కనబడుతుంది. ఎందుకనగా వస్తువు నుండి వచ్చే కాంతి కిరణాలు 1వ పరిశీలకుని కంటివద్ద చేసే కోణం కన్నా 2వ పరిశీలకుని (దూరంలో ఉన్న వ్యక్తి) కంటివద్ద చేసే కోణం తక్కువ. ఈ 'కోణమే' వస్తువు పరిమాణాన్ని అంచనావేయడంలో ప్రముఖ పాత్ర వహిస్తుంది.

ఇదేవిధంగా అద్దం ఉపరితలంపై ఆనించి ఉంచిన వస్తువును మన కంటివైపుగా కదుపుతున్నప్పుడు అద్దంలో ప్రతిబింబం వెనుకకు కదులుతున్నట్లుగా ఉంటుంది. కాబట్టి ప్రతిబింబానికి, మన కంటికి గల దూరం పెరుగుతుంది. అప్పుడు వస్తువు మన కంటి వద్ద ఏర్పరచే కోణం కంటే ప్రతిబింబం ఏర్పరచే కోణం తక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి వస్తువు కంటే ప్రతిబింబం చిన్నదిగా కనబడుతుంది.

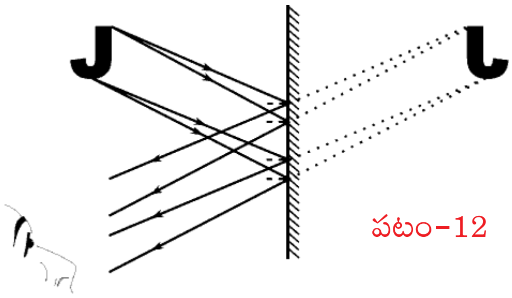
మీరు అద్దం ఎదురుగా నిలుచున్నప్పుడు మీకు, అద్దానికి ఎంత దూరముందో అంతే దూరంలో అద్దంలోపల మీ ప్రతిబింబం ఉన్నట్లుగా కనిపిస్తుంది. సాధారణంగా ఇది మీరు నిజంగానే పరిశీలించగలిగేది. ఈ విషయాన్ని పటం-9ని పరిశీలించడం ద్వారా నిర్ధారణ చేసుకోవచ్చు.

అద్దంలో మీ ప్రతిబింబాన్ని చూసుకునేటప్పుడు పార్శ్వ విలోమం (కుడి ఎడమలు తారుమారు కావడం) గమనించి ఉంటారు.


పటం-11

- ప్రతిబింబం ఎందుకు పార్శ్వ విలోమం పొందుతుంది? పటం-11ను పరిశీలించండి.
- పటం-11 నుండి మీరు ఏం గ్రహించారు?

  మన కుడిచెవి నుండి బయలుదేరిన కాంతికిరణాలు అద్దంపై పడి, పరావర్తనం చెంది మన కంటిని చేరుతాయి. అయితే ఆ పరావర్తన కిరణాలు అద్దంలోపల నుండి వస్తున్నట్లుగా (పటంలో చుక్కల గీతతో చూపబడింది) మన మెదడు



పటం-12

భావిస్తుంది. అందువలననే మన కుడిచెవి, ప్రతిబింబం యొక్క ఎడమ చెవిలాగా కనిపిస్తుంది.

పటం-12ను చూడండి. ఇందులో ఒక అక్షరం **J** యొక్క ప్రతిబింబం పార్శ్వ విలోమం పొందే విధానాన్ని కిరణచిత్రంతో వివరించడం జరిగింది.

సమతలదర్పణంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని గుర్తుతెచ్చుకోండి. పటం-12ను పరిశీలించి పార్శ్వ విలోమం జరిగే విధానాన్ని వివరించడానికి ప్రయత్నించండి.

ఇప్పటివరకు మనం సమతల దర్పణాలచేత కాంతి ఎలా పరావర్తనం చెందుతుందో తెలుసుకున్నాం. 7వ తరగతిలో మనం 'గోళాకార దర్పణాలలో రకాలు, వాటిని గోళాకార దర్పణాలని ఎందుకు పిలుస్తాం' వంటి అంశాలను గురించి నేర్చుకున్నాం. అంతేగాక పుటాకారదర్పణంతో ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచే కృత్యాన్ని కూడా మనం 7వ తరగతిలోనే నిర్వహించాం. ఇప్పుడు వక్రతలాలచేత కాంతి పరావర్తనం గురించి వివరంగా తెలుసుకుందాం.

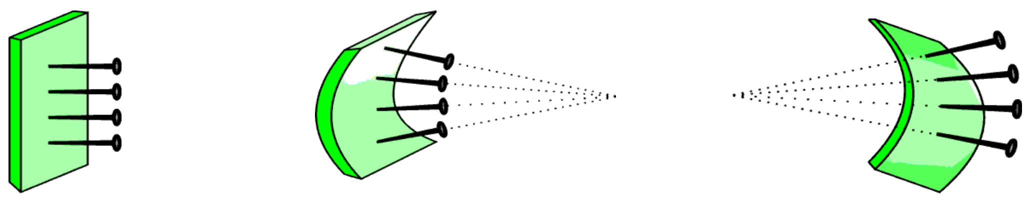
గోళాకార దర్పణాలతో కాంతి పరావర్తనం

కాంతికిరణం ఏదైనా ఉపరితలంపై పతనమైనప్పుడు అది పతనబిందువు వద్ద గీసిన లంబంతో చేసే కోణానికి (పతనకోణానికి), సమానమైన కోణంతో పరావర్తనం చెందుతుందని మొదటి పరావర్తన నియమం తెలియజేస్తుంది.

ఈ నియమం సమతల ఉపరితలాలకేగాక వక్రతలాలకు కూడా వర్తిస్తుంది. ఇందులో ముఖ్యమైన విషయమేమిటంటే 'పతన బిందువు వద్ద లంబంతో చేసే కోణం'. ఏ ఉపరితలానికైనా లంబాన్ని నిర్ధారించుకొని పతనకోణాన్ని కనుగొంటే తద్వారా పరావర్తనకోణాన్ని లెక్కగట్టవచ్చు. సమతల ఉపరితలంపై ఏదైనా బిందువు వద్ద లంబాన్ని గుర్తించడం చాలా తేలిక. కానీ వక్రతలాలు, క్రమరహిత తలాలపై లంబాన్ని గుర్తించడం అంత సులభమేమీ కాదు.

కృత్యం 4

వక్రతలానికి లంబాన్ని కనుగొనడం



పటం-13(ఎ) పటం-13(బి) పటం-13(సి)

చిన్న రబ్బరుముక్క లేదా 'ఫోమ్'ముక్క (foam– like the sole of a slipper)ను తీసుకోండి. పటం-13(ఎ) లో చూపిన విధంగా దానిపై ఒకే వరుసలో గుండుసూదులను గుచ్చండి.

ఆ గుండుసూదులన్నీ రబ్బరుముక్క తలానికి లంబంగా ఉంటాయి. ఆ రబ్బరుముక్కను అద్దంలా భావిస్తే గుండుసూదులు వాటిని గుచ్చిన బిందువుల వద్ద లంబాలను సూచిస్తాయి.

గుండుసూది గుచ్చిన బిందువు వద్ద పతనమైన కిరణం గుండుసూది(లంబం) తో ఎంతకోణం చేస్తుందో, అంతేకోణంతో పరావర్తనం చెందుతుంది.

పటం-13(బి) లో చూపినట్లు రబ్బరుముక్కను లోపలివైపుకు వంచండి. గుండుసూదులలో ఏం తేడా గమనించారు?

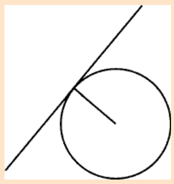
ఇప్పుడు కూడా గుండుసూదులు వాటిని గుచ్చిన వివిధ బిందువుల వద్ద లంబాలను సూచిస్తాయి. నిశితంగా పరిశీలిస్తే గుండుసూదులన్నీ ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడుతున్నట్లుగా కనిపిస్తాయి.

పటం-13(సి)లో చూపినట్లు రబ్బరుముక్కను వెలుపలివైపుకు వంచితే గుండుసూదులు వికేంద్రీకరింపబడుతున్నట్లుగా కనిపిస్తాయి.

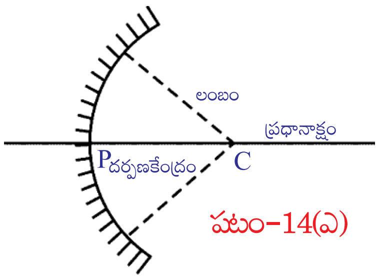
ఈ రబ్బరుముక్కలు గోళాకార దర్పణాల గురించి కొన్ని విషయాలు వివరిస్తాయి. పటం-13(బి)లో లోపలికి వంచిన రబ్బరుముక్క వలె పుటాకారదర్పణం ఉంటుంది. కుంభాకార దర్పణం పటం-13(సి)లో వెలుపలివైపుకు వంచిన రబ్బరుముక్క వలె ఉంటుంది.

పటం-13(బి) లో చూపిన గుండుసూదుల వలె, పుటాకారదర్పణం యొక్క అన్ని లంబాలు ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి. ఆ బిందువును దర్పణం యొక్క **వక్రతా కేంద్రం C** (centre of curvature) అంటాం.

కొంత రేఖాగణితాన్ని గుర్తుచేసుకుందాం: వృత్తాలు – స్పర్శరేఖల గురించి నేర్చుకునేటప్పుడు, వృత్తకేంద్రం నుండి వృత్తంపై గల ఏదేని బిందువుకు గీసిన వ్యాసార్ధం – ఆ బిందువు వద్ద వృత్తానికి గీసిన స్పర్శరేఖకు లంబంగా ఉంటుందని నేర్చుకున్నాం కదా!

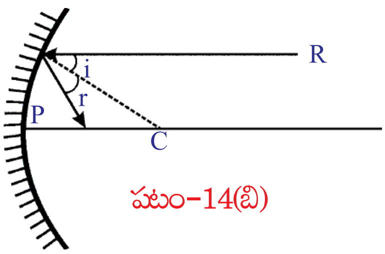


గోళాకార దర్పణం పై ఏదేని బిందువు వద్ద లంబాన్ని కనుగొనడానికి ఈ రేఖాగణిత జ్ఞానం పనికొస్తుంది. మనం చేయవలసిందల్లా, దర్పణంపైనున్న ఏదేని బిందువు వద్ద నుండి ఆ గోళ కేంద్రానికి ఒక రేఖను గీయాలి.



పటం-14(ఎ)

పటం-14(ఎ)లో చూపినట్లు ఒక ద్విమితీయ పటం విషయంలో ఇది చాలా సులభం. కానీ పుటాకారదర్పణం అనేది నిజానికి ఒక గోళంలోని భాగం. కాబట్టి దర్పణవక్రతాకేంద్రాన్ని కనుగొనాలంటే, ఆ దర్పణం ఏ గోళానికి చెందిందో– ఆ గోళం యొక్క కేంద్రాన్ని కనుగొనాలి. గోళకేంద్రం నుండి దర్పణంపై ఏదేని బిందువుకు గీసిన రేఖ దర్పణానికి ఆ బిందువు వద్ద లంబం అవుతుంది.

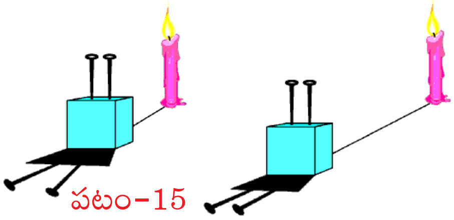


పటం-14(బి)

పటం-14(బి) లో వ్యాసార్ధం (లంబం)తో కిరణం R చేసే కోణాన్ని (పతనకోణాన్ని) **i** గా సూచించాం. పరావర్తన కోణాన్ని **r** గా సూచించాం. 1వ పరావర్తన నియమం ప్రకారం $i = r$ అని మనకు తెలుసు.

దర్పణం యొక్క మధ్యబిందువు (జ్యామితీయ కేంద్రం)ను **దర్పణధ్రువం** P (pole) అంటాం. పటాలలో వక్రతాకేంద్రం మరియు దర్పణధ్రువం గుండా పోతున్నట్లుగా క్షితిజ సమాంతరంగా (horizontal) గీయబడిన రేఖను దర్పణం యొక్క **ప్రధానాక్షం** (principal axis) అంటాం. P నుండి Cకు గల దూరాన్ని దర్పణం యొక్క **వక్రతా వ్యాసార్థం** 'R' (radius of curvature) అంటాం.

పటం-14(బి)లో చూపినవిధంగా దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా వివిధ పతనకిరణాలను గీసి వాటికి పరావర్తన కిరణాలను గీయడానికి ప్రయత్నించండి. ఏం గమనించారు?

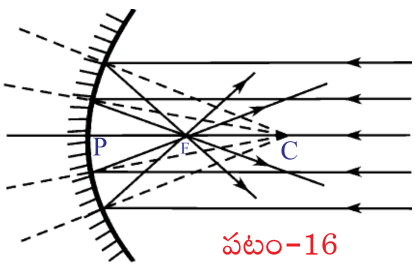

పటం-15

మీరు గీసిన పటాన్ని ప్రయోగ ఫలితాలతో సరిచూసుకోవడం

ప్రయోగపూర్వకంగా సరిచూసుకోడానికి, మొదటగా మనకు 'సమాంతరంగా ప్రయాణించే కాంతికిరణాలు (కాంతిపుంజం)' కావాలి. వీటిని ఎలా పొందగలం?

సమాంతర కాంతిపుంజాన్ని పొందేవిధానం గురించి తెలుసుకుందాం.

పటం-15లో థర్మాకోల్ దిమ్మెకు గుచ్చిన రెండు గుండుసూదులను చూడవచ్చు. అవి పరస్పరం సమాంతరంగా ఉన్నాయి. పటంలో చూపినట్లు ఆ సూదులకు దగ్గరలో కాంతిజనకాన్ని ఉంచితే వాటి నీడలు వికేంద్రీకరించడం గమనించవచ్చు. కాంతిజనకాన్ని కొంచెం దూరంగా జరిపినప్పుడు వాటి నీడలు వికేంద్రీకరింపబడే కోణం తగ్గిపోయింది. కాంతిజనకాన్ని ఇంకా దూరంగా జరిపితే గుండుసూదుల నీడలు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉండేట్లు ఏర్పడతాయి. కానీ కొవ్వొత్తిని మరీ దూరంగా జరుపుతూ పోతే కాంతి తీవ్రత తగ్గుతుంది. అనగా సమాంతర కాంతిపుంజం కావాలంటే కాంతిజనకం చాలా దూరంలో ఉండాలి మరియు అది తగినంత తీవ్రత కలిగినదై ఉండాలి. అటువంటి కాంతిజనకం ఎక్కడ ఉంది?



పటం-16

మనకు చాలా దూరంలో, అధిక తీవ్రత గల కాంతిజనకం సూర్యుడు. పుటాకారదర్పణం, సూర్యకాంతితో ఇప్పుడు మనమొక ప్రయోగం చేద్దాం.

కృత్యం 5

ఒక పుటాకారదర్పణాన్ని తీసుకొని, దానిపై సూర్యకాంతి పడేవిధంగా పట్టుకోండి. దర్పణానికి ఎదురుగా ఒక చిన్న కాగితంముక్కను ఉంచి, మెల్లగా వెనుకకు జరుపుతూ ఏ స్థానంలో చిన్నదైన మరియు అధిక తీవ్రత కలిగిన సూర్యుని ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందో గుర్తించండి. (కాగితం పరిమాణం దర్పణంపై పడే కాంతి కిరణాలకు అడ్డుగా ఉండకుండా సాధ్యమైనంత చిన్నదిగా ఉండేట్లు జాగ్రత్త వహించండి.)

సూర్యుని నుండి వచ్చే సమాంతర కాంతికిరణాలు పుటాకారదర్పణం వల్ల ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి. (పటం-16లో చూడండి). ఈ బిందువును దర్పణం యొక్క **నాభి** 'F' లేదా నాభీయ బిందువు (Focus/ focal point) అంటాం.

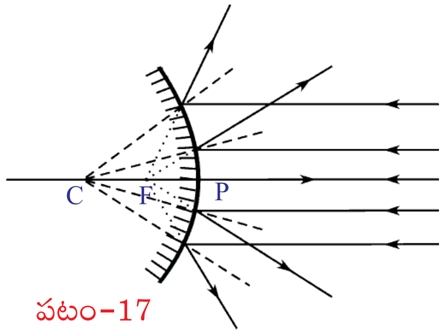
నాభి నుండి దర్పణధ్రువం 'P' కి గల దూరాన్ని కొలవండి. ఈ దూరాన్ని దర్పణం యొక్క **నాభ్యంతరం** 'f' (focal length) అంటాం. ఈ దూరానికి రెట్టింపు దూరంలో దర్పణవక్రతా కేంద్రం 'C' ఉంటుంది. (R=2f).

పటం 14(బి)ఆధారంగా వివిధ కిరణాలతో మీరు గీసిన పటంలో కూడా పరావర్తన కిరణాలు ఇలాగే కేంద్రీకరింపబడ్డాయా?

- దర్పణానికి ఎదురుగా నాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ దూరంలో కాగితం ముక్కను ఉంచి, మెల్లగా వెనుకకు జరుపుతూ పోతే ఏం జరుగుతుంది?
- సూర్యుని ప్రతిబింబ పరిమాణం పెరుగుతుందా? తగ్గుతుందా?

కాగితం దర్పణనాభిని చేరేంతవరకూ సూర్యుని ప్రతిబింబ పరిమాణం తగ్గి, ఆ తరవాత పెరగడం ప్రారంభిస్తుందని మీరు గమనించవచ్చు.

గమనిక: దర్పణాలకు సంబంధించిన కిరణచిత్రాలను గీసేటప్పుడు దర్పణాల పరావర్తన తలాన్ని గుర్తించడంలో గల ఇబ్బందిని తొలగించేందుకుగానూ దర్పణాల రెండవ తలాన్ని (రంగుపూత ఉండే తలాన్ని) సన్నని గీతలతో సూచించడం పరిపాటి.



పటం-17

- **పుటాకార దర్పణానికి గీసినట్లుగా కుంభాకార దర్పణానికి కూడా కిరణచిత్రం గీయగలరా?**

పటం-17ను పరిశీలించండి. కుంభాకార దర్పణంపై పడిన సమాంతర కాంతికిరణాలు పరావర్తనం చెందాక వికేంద్రీకరింపబడుతున్నాయి. పరావర్తన కిరణాలను మనం వెనుకకు పొడిగిస్తే, అవి కుంభాకార దర్పణనాభి 'F' వద్ద కలుస్తున్నాయి.

ఆలోచించండి - చర్చించండి

- పటం-17లో కుంభాకార దర్పణంపై సమాంతర కాంతికిరణాలు పతనం చెందుతున్నాయి. వాటిని పరిశీలిస్తే మీరేం చెప్పగలరు?
- ఆ దర్పణం యొక్క నాభి వద్ద తెరను ఉంచితే, దానిపై ఒక బిందు ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందా?

పుటాకారదర్పణంపై పతనమైన సమాంతర కాంతి కిరణాలు పరావర్తనం చెందాక నాభి వద్ద కేంద్రీకరింపబడుతున్నాయి.

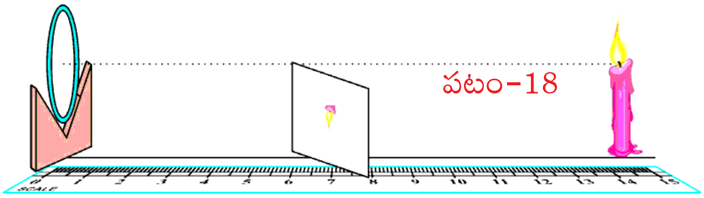
- ప్రతిసారి పుటాకారదర్పణం వల్ల ప్రతిబింబం నాభి వద్దనే ఏర్పడుతుందా?

తెలుసుకుందాం

ప్రయోగశాల కృత్యం-2

ఉద్దేశ్యం: వివిధ రకాల ప్రతిబింబాలను పరిశీలించడం- వస్తుదూరం, ప్రతిబింబ దూరాలను కొలవడం.

కావలసిన వస్తువులు: కొవ్వొత్తి, తెల్లకాగితం/ డ్రాయింగ్ షీట్, నాభ్యంతరం తెలిసిన పుటాకార దర్పణం, V-స్టాండు, కొలత టేపు లేదా మీటరు స్కేలు.



పద్ధతి: పుటాకార దర్పణాన్ని V-స్టాండ్‌పై పెట్టండి. దానికి ఎదురుగా పటం-18లో చూపినట్లు వెలుగుతున్న కొవ్వొత్తి, మీటరు స్కేలును ఉంచండి..

దర్పణం నుండి వివిధ దూరాలలో (10 సెం.మీ. నుండి 80 సెం.మీ. వరకు) ప్రధాన అక్షం వెంబడి కొవ్వొత్తిని ఉంచుతూ, కాగితాన్ని (తెరను) ముందుకు, వెనుకకు కదుపుతూ ప్రతీసారి ఏ స్థానంలో స్పష్టమైన ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందో గుర్తించండి. (కొవ్వొత్తి మంట దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షానికి పైన ఉండేవిధంగా, కాగితం ప్రధానాక్షానికి కింద ఉండేవిధంగా జాగ్రత్త వహించండి.)

మీ పరిశీలనలను పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి.

పట్టిక-1

పరిశీలన	దర్పణం నుండి కొవ్వొత్తికి గల దూరం (వస్తుదూరం-u)	దర్పణం నుండి కాగితం/ తెరకు గల దూరం (ప్రతిబింబదూరం-v)	వస్తువు కన్నా పెద్దదా/ చిన్నదా?	నిటారు ప్రతిబింబమా/ తలక్రిందుల ప్రతిబింబమా?
1				
2				
3				

మీ పరిశీలనలలో పెద్ద ప్రతిబింబం ఏర్పడిన సందర్భాలు, చిన్న ప్రతిబింబం ఏర్పడిన సందర్భాలను వేర్వేరుగా రాయండి. కొన్ని సందర్భాలలో ప్రతిబింబం ఏర్పడకపోవచ్చు. అటువంటి సందర్భాలను కూడా గుర్తించి నమోదు చేయండి.

దర్పణం యొక్క నాభ్యంతరం, వక్రతావ్యాసార్ధం మనకు తెలుసు. కావున పై పరిశీలనలను పట్టిక-2లో చూపినవిధంగా వర్గీకరించవచ్చు. దీనినుండి మీరు ఏం నిర్ధారణలు చేయగలరు?

ఈ ప్రయోగంలో మీరు మరొక పరిశీలన కూడా చేయవలసి ఉంది. వస్తువును వివిధ స్థానాలలో ఉంచి తెరపై దాని ప్రతిబింబాన్ని పట్టడానికి ప్రయత్నించేటప్పుడు, దర్పణంలో కూడా ప్రతిబింబం ఏర్పడిందేమో వెతకండి.

- ఆ ప్రతిబింబం ఎలా ఉంది? నిటారుగా ఉందా లేక తలక్రిందులుగా ఉందా? పెద్దదిగా ఉందా లేక చిన్నదిగా ఉందా? **పట్టిక-2**

కొవ్వొత్తి స్థానం (వస్తువు స్థానం)	ప్రతిబింబ స్థానం	వస్తువు కన్నా పెద్దదా/ చిన్నదా?	నిటారు ప్రతిబింబమా/ తలక్రిందుల ప్రతిబింబమా?	నిజ ప్రతిబింబమా / మిథ్యా ప్రతిబింబమా
దర్పణధ్రువం, నాభి మధ్య				
నాభి వద్ద				
నాభి, వక్రతాకేంద్రం మధ్య				
వక్రతా కేంద్రం వద్ద				
వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల				

పట్టిక-2లోని వివరాల ఆధారంగా మీరేం నిర్ధారణలు చేయగలరు?

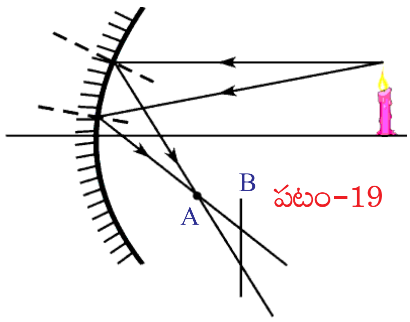
పుటాకార దర్పణంతో ఏర్పడే ప్రతిబింబాలకు సంబంధించిన కిరణచిత్రాలను గీసి, వాటిని మీ పరిశీలనలతో పోల్చి చూద్దాం.

కిరణచిత్రాలు: (పుటాకార దర్పణంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం)

కృత్యం-5లో సూర్యుని నుండి వచ్చే సమాంతర కాంతికిరణాలు పుటాకార దర్పణంపై పడినప్పుడు, దర్పణనాభి వద్ద సూర్యుని ప్రతిబింబం అతి చిన్నదిగా ఏర్పడటాన్ని వివరించే కిరణచిత్రాన్ని మనం గమనించాం. (పటం-16 చూడండి.)

దర్పణానికి ఎదురుగా ప్రధాన అక్షంపైన ఏ బిందువు వద్ద వస్తువును ఉంచినా, ఏర్పడే ప్రతిబింబానికి సంబంధించి కిరణచిత్రాన్ని గీయడానికి ఇప్పుడు మనమొక సులువైన పద్ధతిని వాడుదాం. ప్రయోగంలో మన పరిశీలనలను ఈ కిరణచిత్రాలతో పోల్చి చూద్దాం. దీనికిగాను, వస్తువుపై ఏదేని బిందువు నుండి బయలుదేరి వేర్వేరు దిశలలో ప్రయాణించే రెండు కిరణాలను తీసుకుందాం. దర్పణం చేత పరావర్తనం చెందాక ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచడానికి తిరిగి అవి ఎక్కడ కలుస్తాయో పరిశీలిద్దాం.

కింది ఉదాహరణను పరిశీలించండి.



పటం-19

పటం-19లో చూపిన విధంగా ఒక పుటాకారదర్పణం, దాని ప్రధాన అక్షం వెంబడి కొంతదూరంలో వెలుగుతున్న కొవ్వొత్తి ఉన్నాయనుకోండి.

కొవ్వొత్తి మంట (వస్తువు) కొనభాగం నుండి బయలుదేరిన రెండు కిరణాలను పటంలో చూడవచ్చు. పరావర్తన సూత్రాలను ఉపయోగించి ఈ కిరణాలకు పరావర్తన కిరణాలను గీస్తే, అవి A వద్ద కలిసాయి. ఈ ఖండన బిందువు A వద్ద మంటకొనభాగం యొక్క ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.

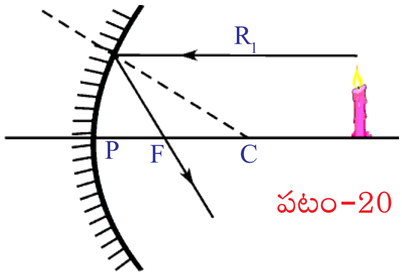
- ఎందుకు A వద్దనే ఏర్పడుతుంది?

A బిందువుకు ముందు లేదా తరవాత ఏదేని బిందువు (ఉదాహరణకు B బిందువు) వద్ద తెరను ఉంచితే, పరావర్తన కిరణాలు తెరపై వివిధ బిందువులను చేరడం మనం గమనించవచ్చు. కాబట్టి ఈ కిరణాల వల్ల ప్రతిబింబం వివిధ బిందువుల వద్ద ఏర్పడుతుంది. మంట కొనభాగం నుండి మరికొన్ని కిరణాలను గీసినా అవన్నీ A బిందువు వద్ద కలుసుకుంటాయి. కానీ B బిందువు వద్ద ఏకీభవించవు. కాబట్టి తెరను A వద్ద ఉంచితే ప్రతిబింబం స్పష్టంగా ఏర్పడుతుంది. A నుండి కొంచెం ముందుకు లేదా వెనుకకు తెరను జరిపితే వివిధ ప్రతిబింబాలు అన్ని కలిసి (అధ్యారోపణం చెంది) ఫలితంగా ఏర్పడే ప్రతిబింబం మసకబారినట్లుగా ఉంటుంది.

మీరు ఇంతకు ముందు సూర్యకిరణాలతో చేసిన ప్రయోగంలో కూడా ఇదే విషయాన్ని గమనించారు కదా!

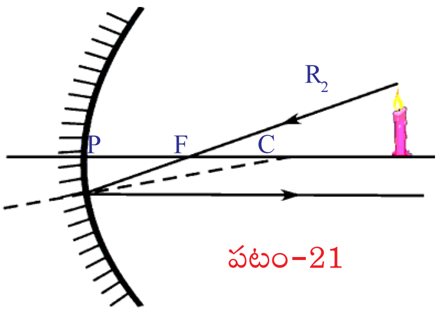
అయితే, గోళాకార దర్పణంపై పడిన ప్రతి కాంతికిరణానికి పరావర్తన కిరణం గీయడం ఏమంత సులభం కాదు. ప్రతీసారి పతనబిందువు వద్ద స్పర్శరేఖ గీసి, లంబాన్ని గుర్తించి పతనకోణాన్ని కనుగొనాలి. ఆ కోణానికి సమానమైన కోణంతో పరావర్తన కోణం గీయాలి. ఇదంతా శ్రమతో కూడిన అంశం. మరి దీనికేదైనా సులభమైన పద్ధతి ఉందా?

ఇప్పటివరకు మనం చర్చించిన బిందువు 'A' (పరావర్తన కిరణాల ఖండన బిందువు)ను కనుగొనడానికి తగిన కిరణాలు కొన్ని ఉన్నాయి.



పటం-20

ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా వచ్చిన కిరణాలు పరావర్తనం చెందాక నాభిగుండా ప్రయాణిస్తాయని మనకు తెలుసు. కాబట్టి ఏ కిరణచిత్రం గీయాలన్నా వస్తువు నుండి బయలుదేరి దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించి దర్పణాన్ని చేరే కిరణమే మనం గీయవలసిన మొదటి కిరణం. అప్పుడు దర్పణంపై గల పతనబిందువు నుండి నాభిగుండా గీసిన రేఖ పరావర్తన కిరణం అవుతుంది. కిరణచిత్రాలను మరింత సులభంగా గీయడానికి, వస్తువు యొక్క పైకొన నుండి బయలుదేరే కిరణాలనే తీసుకుందాం. పటం-20లోని కిరణం R_1ను పరిశీలించండి.



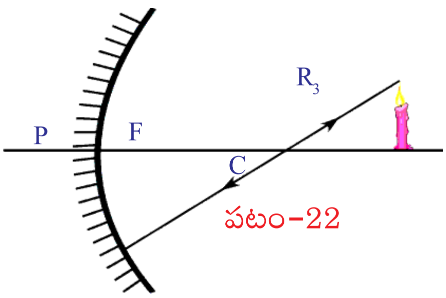
పటం-21

ఇప్పటివరకు చర్చించిన సందర్భానికి పూర్తిగా వ్యతిరేక సందర్భం కూడా సరియైనదే. అంటే దర్పణనాభిగుండా ప్రయాణిస్తూ దర్పణంపై పతనం చెందిన కిరణం పరావర్తనం చెందాక ప్రధాన అక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది. ఇలా ప్రయాణించే కిరణమే మనం గీయవలసిన రెండో కిరణం. ఈ కిరణం వస్తువు పైకొనభాగం నుండి బయలుదేరి నాభిగుండా ప్రయాణిస్తూ దర్పణంపై పతనమవుతుంది. పరావర్తనం చెందాక ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది. కాబట్టి పతనబిందువు నుండి బయలుదేరి ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ఉండేవిధంగా మనం పరావర్తనకిరణం గీయాలి. పటం-21లో కిరణం R_2ను గమనించండి.

R_1, R_2 కిరణాలను ఉపయోగించి వాటి ఖండనబిందువును కనుగొంటే వస్తువు పైకొనభాగం యొక్క ప్రతిబింబం ఎక్కడ ఏర్పడుతుందో తెలుస్తుంది.

కిరణచిత్రాలను గీయడానికి అనుకూలమైన మరొక కిరణం కూడా ఉంది.

ఒక తలంపై లంబంగా పతనమైన కిరణం పరావర్తనం చెందాక తిరిగి అదే మార్గంలో (వ్యతిరేక దిశలో) వెళ్తుందని మనకు తెలుసు. గోళాకార దర్పణంపై అలా లంబంగా పడే కిరణం ఏది?

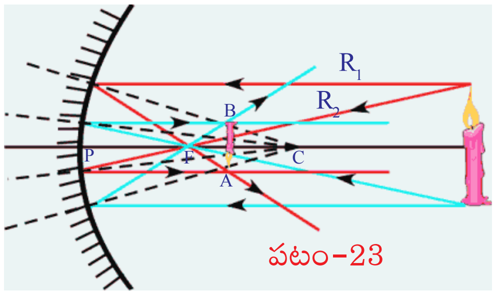


పటం-22

దర్పణవక్రతాకేంద్రం 'C' నుండి దర్పణంపైకి గీయబడిన రేఖ, పతనబిందువు వద్ద గీసిన స్పర్శరేఖకు లంబంగా ఉంటుందని మనకు తెలుసు. కాబట్టి వస్తువు యొక్క పైకొనభాగం నుండి బయలుదేరి వక్రతాకేంద్రంగుండా ప్రయాణిస్తూ దర్పణాన్ని చేరే కిరణాన్ని గీస్తే, అది పరావర్తనం చెందాక తిరిగి అదే మార్గంగుండా వెనుకకు వెళ్తుంది. అంటే లంబం వెంబడి ప్రయాణించే కాంతి కిరణం పరావర్తనం చెందాక కూడా లంబం వెంబడే ప్రయాణిస్తుంది. ఈ కిరణం R_3 ని పటం-22లో పరిశీలించండి.

ఈ మూడు కిరణాలతోపాటు వస్తువు నుండి బయలుదేరి దర్పణధ్రువం(pole)ను చేరే కిరణం కూడా కిరణచిత్రాలను గీయడానికి ఉపయోగపడుతుంది. ఈ కిరణానికి ప్రధానాక్షమే లంబం అవుతుంది.

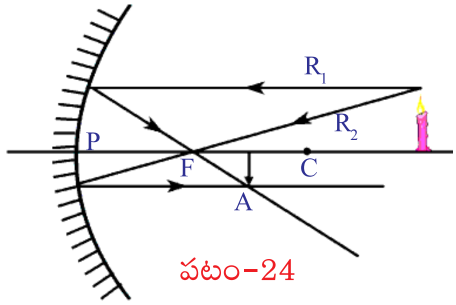
పటం-23లో చూపినవిధంగా వస్తువు (కొవ్వొత్తి) ఉంటే, వస్తువుపైభాగం నుండి వచ్చే ఏవేని రెండు కిరణాల ఖండనబిందువు A ను వస్తువు కిందిభాగం నుండి వచ్చే ఏవేని రెండు కిరణాల ఖండనబిందువు B, ను కిరణచిత్రం గీయడం ద్వారా పొందవచ్చు. దర్పణం నుండి A ఎంత దూరంలో ఉంటుందో, B కూడా అంతే దూరంలో ఉంటుంది. కాబట్టి ప్రతిబింబం పటంలో చూపినట్లు ప్రధానాక్షానికి లంబంగా ఉంటుంది. ఈ సందర్భంలో ప్రతిబింబం తలకిందులుగా ఉంది.



పటం-23

- కొవ్వొత్తిని దర్పణప్రధానాక్షంపై ఉంచితే, కొవ్వొత్తి కిందిభాగం (ఆధారం) యొక్క ప్రతిబింబం ఎక్కడ ఏర్పడుతుంది?

ప్రధానాక్షం పైనున్న ఏదేని బిందువు నుండి బయలుదేరి ప్రధానాక్షం వెంట ప్రయాణించిన కిరణం పరావర్తనం చెందాక తిరిగి ప్రధానాక్షం వెంబడే ప్రయాణిస్తుంది. అనగా కొవ్వొత్తి ఆధారం యొక్క ప్రతిబింబం ప్రధానాక్షంపైనే ఏర్పడుతుందని చెప్పవచ్చు. కొవ్వొత్తిని ప్రధానాక్షంపై లంబంగా ఉంచినప్పుడు ప్రతిబింబం కూడా అక్షానికి లంబంగా ఏర్పడుతుందని తెలుస్తుంది. అయితే, మనం చేయవలసిందల్లా A బిందువు నుండి ప్రధానాక్షం మీదకు ఒక లంబాన్ని గీయాలి. లంబం, ప్రధానాక్షం ఖండించుకునే బిందువు వద్ద కొవ్వొత్తి ఆధారం యొక్క ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. పటం-24 చూడండి. పటంలో చూపినవిధంగా ప్రతిబింబం తలక్రిందులుగానూ, వస్తువుకన్నా చిన్నదిగానూ ఏర్పడుతుంది.

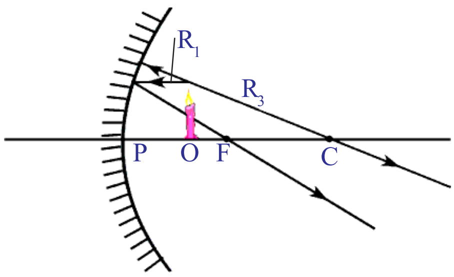


పటం-24

పటం-24 అనేది, వస్తువును దర్పణవక్రతాకేంద్రానికి ఆవల ఉంచిన సందర్భానికి సంబంధించినది. మీరు ప్రయోగపూర్వకంగా తెలుసుకున్న విషయం ఇదేవిధంగా ఉందా? (ప్రయోగశాల కృత్యం-2)

మీరు చేసిన ప్రయోగంలోని వివిధ సందర్భాలకు అనుగుణంగా కిరణచిత్రాలు గీయండి. మీ ప్రయోగ పరిశీలనలతో పోల్చి చూడండి.

- మీరు ప్రయోగం చేసినప్పుడు ఏదైనా ప్రదేశంలో వస్తువును ఉంచినప్పుడు తెరపై ప్రతిబింబం ఏర్పడకపోవడాన్ని గుర్తించారా?



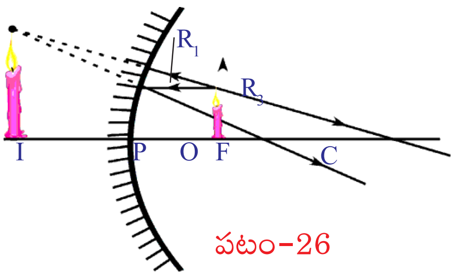
పటం-25

పటం-25లోని సందర్భాన్ని పరిశీలించండి. ఇందులో వస్తువు O (కొవ్వొత్తి)ని దర్పణనాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ దూరంలో ఉంచాం.

మొదటి కిరణం (R_1) వస్తువు పైకొన నుండి బయలుదేరి ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా వెళ్ళి దర్పణాన్ని తాకి, పరావర్తనం చెందాక నాభి (F) గుండా వెళ్తుంది. ఈ కిరణాన్ని గీయడం తేలికే. ఇంతకుముందు కిరణచిత్రాలను గీయడానికి మనం ఎన్నుకున్న కిరణాలలో రెండవ కిరణం వస్తువు పైకొన నుండి బయలుదేరి నాభిగుండా వెళ్ళాలి. కానీ అలా వెళ్ళే కిరణం దర్పణాన్ని తాకదు. కాబట్టి వస్తువు పైకొన నుండి బయలుదేరి దర్పణవక్రతాకేంద్రం గుండా వెళ్ళే మూడవ కిరణాన్ని వాడాలి. కానీ ఇది కూడా దర్పణాన్ని తాకే అవకాశం లేదు. కాబట్టి మనమొక చిన్నమార్పు చేద్దాం.

వస్తువు పైకొన నుండి బయలుదేరి దర్పణవక్రతాకేంద్రం గుండా పోయే కిరణానికి బదులుగా వస్తువు పైకొన నుండి బయలుదేరి దర్పణంవైపుగా వెళ్ళే కిరణాలలో ఏ కిరణాన్ని వెనుకకు పొడిగిస్తే అది వక్రతాకేంద్రంగుండా పోతుందో, ఆ కిరణాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకుందాం. ఈ కిరణం పతనబిందువు వద్ద దర్పణానికి లంబంగా ఉండటం వల్ల పరావర్తనం చెందాక వక్రతాకేంద్రంగుండా ప్రయాణిస్తుంది.

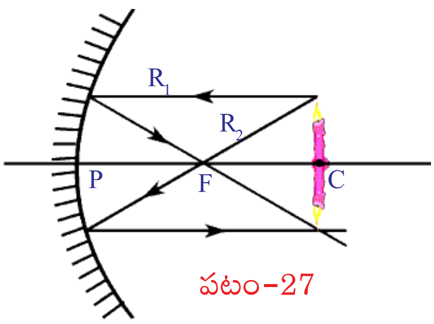
పటం-25లో మనం చూసిన రెండు కిరణాలు పరావర్తనం చెందాక వికేంద్రీకరిస్తున్నాయి. కాబట్టి అవి ఖండించుకోవని తెలుస్తుంది. ఈ సందర్భంలాగానే మనం ప్రయోగం చేసేటప్పుడు కూడా కొన్ని సందర్భాలలో ప్రతిబింబాన్ని తెరపై పట్టడం సాధ్యంకాదు. పరావర్తన కిరణాలు వికేంద్రీకరించుకోవడం వలన మనం ప్రతిబింబాన్ని పొందలేకపోతున్నామని పటం-25లోని కిరణచిత్రం తెలియజేస్తుంది. కాబట్టి మనం తెరను దర్పణం నుండి ఎంతదూరం జరిపినా కూడా ప్రతిబింబాన్ని గుర్తించలేము.



పటం-26

కానీ ఇటువంటి సందర్భాలలో ప్రతిబింబాన్ని దర్పణంలో చూడవచ్చు. ఈ విషయాన్ని కిరణచిత్రంతో వివరించగలమా?

సమతల దర్పణంలో ప్రతిబింబాన్ని గుర్తించడానికి ఏం చేశామో గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. పరావర్తన కిరణాలను ఖండించుకునేంతవరకు వెనుకకు పొడిగించి ప్రతిబింబ స్థానాన్ని గుర్తించాం. ఇప్పుడు కూడా అలాగే చేద్దాం. మనం అద్దంలోకి చూసినప్పుడు వికేంద్రీకరిస్తున్న పరావర్తన కిరణాలనే చూస్తున్నాం. అవి ఒకే బిందువు నుండి బయలుదేరి వస్తున్నట్లు కనిపిస్తాయి. పటం-26లో చూపినట్లు వికేంద్రీకరిస్తున్న పరావర్తన కిరణాలను వెనుకకు పొడిగించి వాటి ఖండనబిందువును గుర్తించవచ్చు. మిగిలిన సందర్భాలలో మనం ప్రతిబింబం చూసినవిధంగా ఇక్కడ ప్రతిబింబం ఉండదు. కానీ దర్పణంలో ప్రతిబింబం కనిపిస్తుంది. పటం-26లో చూపినట్లు ప్రతిబింబం నిటారుగానూ, వస్తువు కంటే పెద్దదిగానూ ఉంటుంది. మీ ప్రయోగంలోని పరిశీలనలు దీనిని పోలి ఉన్నాయా?



పటం-27

ఈవిధంగా కిరణాలను వెనుకకు పొడిగించి పొందిన ప్రతిబింబాన్ని **మిథ్యాప్రతిబింబం** (virtual image) అంటాం. దీనిని **నిజప్రతిబింబం** (real image)లాగా తెరమీద పట్టలేము.

దర్పణవక్రతా కేంద్రం C వద్ద వస్తువునుంచడం మరొక ఆసక్తికరమైన సందర్భం. పటం-27 చూడండి.

పటం-27లోని కిరణచిత్రాన్ని పరిశీలిస్తే ప్రతిబింబపరిమాణం వస్తుపరిమాణానికి సమానంగా ఉందని, వస్తువు దర్పణానికి ఎంతదూరంలో ఉందో ప్రతిబింబం కూడా అంతేదూరంలో ఏర్పడుతుందని నిర్ధారించవచ్చు. అంతేగాక పై సందర్భంలో ప్రతిబింబం తలక్రిందులుగా ఏర్పడటం గమనించవచ్చు. మీ ప్రయోగంలో మీరేం గమనించారు?

ఆలోచించండి - చర్చించండి

వస్తువుపైననే ప్రతిబింబం ఏర్పడాలంటే ఏం చేయాలి? కిరణచిత్రాన్ని గీయండి. ప్రయోగం చేసి చూడండి.

కిరణచిత్రాలను, ప్రయోగపరిశీలనలనుబట్టి పుటాకార దర్పణానికి కొన్ని ప్రత్యేక లక్షణాలున్నాయని మీరు గుర్తించి ఉంటారు. పుటాకార దర్పణానికి దగ్గరలో (నాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ దూరంలో) వస్తువునుంచినప్పుడు ఏర్పడే ప్రతిబింబపరిమాణం ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఈ లక్షణాన్ని మన నిత్యజీవితంలో వివిధ పనులలో, ఉదాహరణకు షేవింగ్ అద్దాలు, దంతవైద్యులు ఉపయోగించే అద్దాల తయారీలో వినియోగిస్తాం. పుటాకార దర్పణం యొక్క మరొక లక్షణమేమంటే, ఇది సమాంతర కాంతికిరణాలను నాభి వద్ద కేంద్రీకరిస్తుంది. ఈ లక్షణాన్ని కూడా విరివిగా వినియోగిస్తాం. ఉదాహరణకు మీ గ్రామంలోని టి.వి డిష్‌లను పరిశీలించండి.

పటం-28

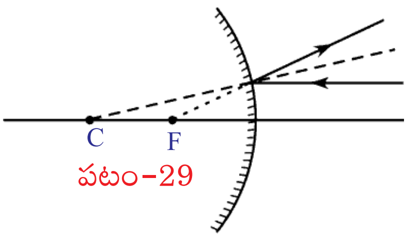
మీ చుట్టూ పరిసరాలలో వివిధ రకాల వక్రతలాలను, ఆసక్తికరమైన పరావర్తనాలను చూడవచ్చు. కానీ అన్ని వక్రతలాలు పుటాకారమైనవి కావు. అందులో చాలా వరకు కుంభాకారంగా ఉంటాయి.

వాహనాల 'రియర్ వ్యూ మిర్రర్స్' మీరెప్పుడైనా పరిశీలించారా? వాటిలో ఎటువంటి వక్రతలం ఉంటుంది?

కార్ల కిటికీల అద్దాలపై, వెనుక అద్దంపై ఏర్పడిన ప్రతిబింబాలను మీరెప్పుడైనా పరిశీలించారా? ఈ అద్దాల ఉపరితలాలు ఎలా ఉంటాయి? పటం-28 చూడండి. కుంభాకార ఉపరితలాలకు సంబంధించిన కిరణచిత్రాలను గీయగలమా?

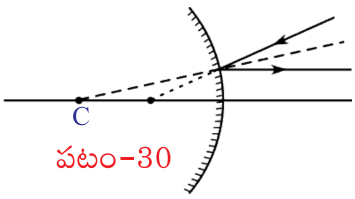
కిరణచిత్రాలు: (కుంభాకార దర్పణంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం)

కుంభాకార దర్పణానికి కూడా కిరణచిత్రాలు గీయవచ్చు. పుటాకార దర్పణానికి కిరణచిత్రాలు గీసినప్పుడు ఉపయోగించిన మూడు రకాల కిరణాలనే ఇప్పుడు కూడా వినియోగించాలి. కానీ కొద్ది మార్పులు చేయాల్సి ఉంటుంది. గీసే విధానం ఒకటే కావున, తిరిగి ఇక్కడ వివరించడం లేదు.



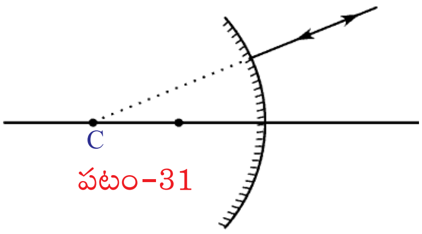
పటం-29

నియమం-1: ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా వచ్చి దర్పణంపై పతనమైన కిరణం పరావర్తనం చెందాక నాభి F నుండి బయలుదేరి వస్తున్నట్లు కనిపిస్తుంది. పటం-29 చూడండి.



పటం-30

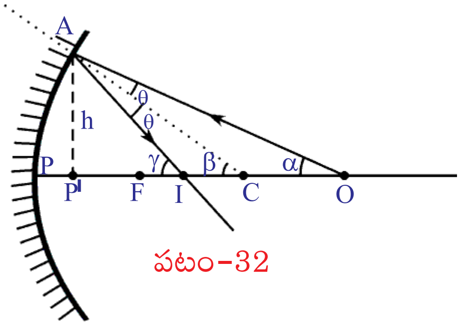
నియమం-2: ఇది నియమం-1కి విపర్యయ నియమం. నాభి దిశలో ప్రయాణిస్తున్న కిరణం పరావర్తనం చెందాక ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా వెళ్తుంది. పటం-30 చూడండి.



పటం-31

నియమం-3: వక్రతా కేంద్రం వైపుగా ప్రయాణిస్తున్న కిరణం పరావర్తనం చెందాక తిరిగి అదే దిశలో వెనుకకు ప్రయాణిస్తూ, వక్రతాకేంద్రం నుండి బయలుదేరి వస్తున్నట్లుగా కనబడుతుంది. పటం-31 చూడండి.

ఈ మూడు నియమాలను వినియోగించి వివిధ స్థానాలలో వస్తువును ఉంచినప్పుడు ఏర్పడే ప్రతిబింబ స్థానాలను గుర్తించేందుకు కిరణచిత్రాలను గీయండి. మీ నిర్ధారణలను నమోదు చేయండి. ప్రయోగంచేసి, వాటితో పోల్చిచూడండి. అవసరమైతే వస్తువు నుండి వచ్చి దర్పణధ్రువం (P) వద్ద పతనం చెందే కిరణాన్ని కూడా కిరణచిత్రాలు గీసేటప్పుడు వినియోగించండి.



పటం-32

మీరు ఒకానొక ప్రదేశంలో వస్తువునుంచినప్పుడు, ఆ స్థానానికి అనుగుణంగా ఒక నిర్దిష్ట స్థానంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. వస్తువు దూరం (u) ప్రతిబింబదూరం (v)ల మధ్య ఏదైనా సంబంధాన్ని మీరు గుర్తించారా?

గోళాకారదర్పణాలకు సబంధించిన దర్పణసూత్రం - ఉత్పాదన

పటం-32ను పరిశీలించండి.

దర్పణప్రధానాక్షం పై గల బిందువు O నుండి వచ్చిన కిరణం దర్పణంపై ప్రధానాక్షానికి h ఎత్తులో ఉన్న బిందువు A వద్ద పతనమై, పరావర్తనం చెందాక తిరిగి ప్రధానాక్షం పైగల బిందువు I గుండా వెళ్ళింది.

ఇక్కడ AC పతన బిందువు వద్ద దర్పణానికి గీసిన లంబం. పతనకోణం ($\angle OAC$), పరావర్తన కోణం ($\angle CAI$) రెండూ సమానం. పటంలో వీటిని θతో సూచించాం.

బిందువు A నుండి ప్రధానాక్షం మీదికి గీసిన లంబం APˡ. ఇప్పుడు పటంలో AOPˡ, ACPˡ మరియు AIPˡ అనే మూడు లంబకోణ త్రిభుజాలను గమనించవచ్చు.

పటం-32లో చూపినట్లు O, C మరియు I శీర్షాల వద్ద కోణాలు వరుసగా α, β, γ అనుకుందాం.

ఏదైనా త్రిభుజంలో అంతరాభిముఖ కోణాల మొత్తం బాహ్యకోణానికి సమానం.

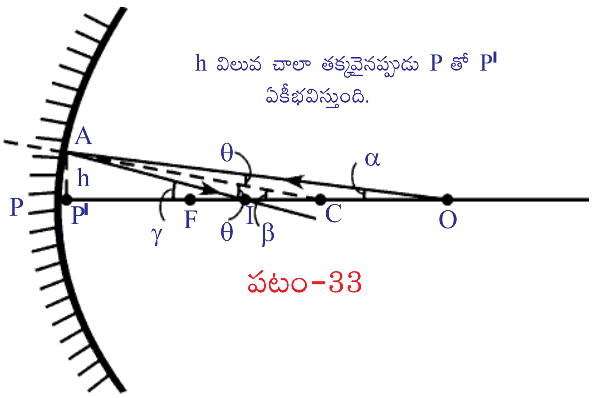
త్రిభుజం AOCలో

$$\beta = \alpha + \theta \quad \Rightarrow \quad \theta = \beta - \alpha$$

త్రిభుజం ACIలో $\gamma = \beta + \theta$

$\theta = \beta \ \ \alpha$ విలువను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$\gamma = \beta + \beta - \alpha \quad \Rightarrow 2\beta = \gamma + \alpha \quad .... \ (1)$$



పటం-33

- h విలువ చాలా చాలా తక్కువగా ఉంటే ఏం జరుగుతుంది?

పటం-33 చూడండి.

h విలువ చాలా తక్కువ అయినప్పుడు:

1. Pˡ బిందువు, దర్పణధ్రువం Pతో ఏకీభవించవచ్చు.

అప్పుడు PˡO=PO, PˡC=PC మరియు PˡI=PI అని చెప్పవచ్చు.

2. పటం-33లో చూపినట్లు α, β, γ కోణాలు మరీ చిన్నవి అవుతాయి.

α, β, γ కోణాల యొక్క 'Tan' విలువలు ఇప్పుడు కనుగొందాం.

(లంబకోణ త్రిభుజంలో, ఒక అల్పకోణం యొక్క 'Tan' విలువ ఆ కోణం యొక్క ఎదుటి భుజం మరియు ఆసన్న భుజం పొడవుల నిష్పత్తి అవుతుంది.)

P^I, Pతో ఏకీభవిస్తుందని భావించాం కనుక,

$\text{Tan}\,\alpha = P^IA/P^IO = h/P^IO = h/PO$

$\text{Tan}\,\beta = P^IA/P^IC = h/P^IC = h/PC$

$\text{Tan}\,\gamma = P^IA/P^II = h/P^II = h/PI$

'Tan' విలువ లెక్కగట్టే θ విలువ చాలా చిన్నదైనప్పుడు (దాదాపుగా 'సున్న' అయినప్పుడు) $\text{Tan}\,\theta$ విలువలో లవం (కోణం యొక్క ఎదుటి భుజం పొడవు) చాలా చిన్నదవుతుంది. ఈ విషయాన్ని మీరు పటం-33లో చూడవచ్చు. అప్పుడు $\text{Tan}\,\theta$ విలువ కూడా చాలాచిన్నది (అనగా దాదాపు 'సున్న') అవుతుంది. ఇటువంటి సందర్భాలలో $\text{Tan}\,\theta \approx \theta$ అని భావించవచ్చు. ఇదేవిధంగా

$\text{Tan}\,\alpha = \alpha = h/PO$

$\text{Tan}\,\beta = \beta = h/PC$

$\text{Tan}\,\gamma = \gamma = h/PI$

α, β, γ విలువలను సమీకరణం-1లో ప్రతిక్షేపించగా:

$2\,h/PC = h/PO + h/PI$

$2/PC = 1/PO + 1/PI$ .... (2)

పై విలువలను సరైన గుర్తులతో (ధన, ఋణ) వాడేందుకుగాను, కింద తెలియపరచిన సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని (sign convention) పాటించండి.

దర్పణ సూత్రంలోని వివిధ అంశాలకు పాటించవలసిన సంజ్ఞా సాంప్రదాయం

1. అన్ని దూరాలను దర్పణధ్రువం (P) నుండే కొలవాలి.
2. కాంతి (పతనకాంతి) ప్రయాణించిన దిశలో కొలిచిన దూరాలను ధనాత్మకంగాను, కాంతి ప్రయాణదిశకు వ్యతిరేక దిశలో కొలిచిన దూరాలను ఋణాత్మకంగాను పరిగణించాలి.
3. వస్తువు ఎత్తు (H_O), ప్రతిబింబం ఎత్తు (H_i) లను ప్రధానాక్షానికి పైవైపు ఉన్నప్పుడు ధనాత్మకంగాను, ప్రధానాక్షానికి కిందివైపు ఉన్నప్పుడు ఋణాత్మకంగాను పరిగణించాలి.

సమీకరణం-2లో PC, PO, PIల విలువలను సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని అనుసరించి ప్రతిక్షేపించాలి. ఇక్కడ PC = వక్రతా వ్యాసార్ధం (R), PO = వస్తుదూరం (u), PI = ప్రతిబింబదూరం (v) అన్నీ కూడా కాంతి ప్రయాణదిశకు వ్యతిరేక దిశలో కొలవడం వల్ల అన్ని విలువలను ఋణాత్మకంగా తీసుకోవాలి.

$2/-R = 1/-u + 1/-v$

$2/R = 1/u + 1/v$

వక్రతావ్యాసార్ధం (R) = 2 × నాభ్యాంతరం (f) అని మనకు తెలుసు.

కనుక

$2/2f = 1/u + 1/v$

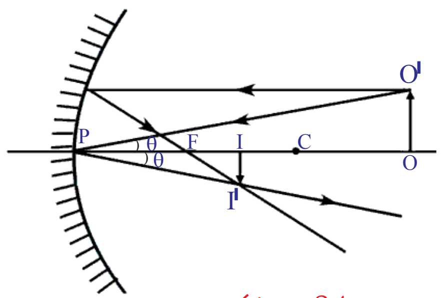
$1/f = 1/u + 1/v$

ప్రతి సందర్భంలోనూ ఈ దర్పణ సూత్రాన్ని సంజ్ఞా సాంప్రదాయం ప్రకారం ఉపయోగించాలి.

వస్తుపరిమాణం, ప్రతిబింబపరిమాణాల మధ్య సంబంధాన్ని తెలియజేసే 'ఆవర్ధనం' (magnification) గురించి ఇప్పుడు తెలుసుకుందాం.

ఆవర్ధనం (magnification)

గోళాకార దర్పణం వలన ఏర్పడిన ప్రతిబింబ పరిమాణం మారుతుంది. ఇక్కడ పొడవులో కలిగే మార్పును మాత్రమే చర్చిస్తున్నాం.



పటం-34

పటం-34ను పరిశీలించండి.

O^I నుండి బయలుదేరిన కిరణం P వద్ద θ కోణంతో పతనమై అంతేకోణంతో పరావర్తనం చెందింది.

త్రిభుజం POO^Iనుండి, $\tan\theta = OO^I/PO$ ....(1)

త్రిభుజం PII^I నుండి, $\tan\theta = II^I/PI$ ....(2)

(1), (2) సమీకరణాలనుండి $OO^I/PO = II^I/PI$

⇨ $II^I/OO^I = PI/PO$ ....(3)

సంజ్ఞాసాంప్రదాయం ప్రకారం

$PO = -u$; $PI = -v$; $OO^I = h_0$; $II^I = -h_i$

ఈ విలువలను సమీకరణం 3 లో ప్రతిక్షేపించగా

$-h_i / h_o = -v/-u$

⇨ $h_i / h_o = -v/u$

∴ ఆవర్ధనం $m = h_i/h_0 = -v/u$

ఆవర్ధనాన్ని కింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు.

m = ప్రతిబింబ ఎత్తు (h_i) / వస్తువు ఎత్తు (h_0)

అన్ని సందర్భాలలోనూ ఆవర్ధనాన్ని వస్తుదూరం, ప్రతిబింబ దూరాల మధ్య సంబంధంగా కూడా వ్యక్తపరుస్తాం.

m = − ప్రతిబింబదూరం (v) / వస్తుదూరం (u)

పట్టిక-2లో నమోదు చేసిన ఐదు సందర్భాల విలువలతో ఆవర్ధనాలను లెక్కగట్టండి. అన్ని సందర్భాలలో విలువలను సంజ్ఞాసాంప్రదాయానికి అనుగుణంగా వినియోగించండి.

ఉదాహరణ

15 సెం.మీ. నాభ్యాంతరం గల పుటాకారదర్పణం ముందు 25 సెం.మీ. దూరంలో 4 సెం.మీ. ఎత్తుగల వస్తువును ఉంచాం. దర్పణానికి ఎంత దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది? ప్రతిబింబలక్షణాలను తెలపండి.

సాధన : సంజ్ఞాసాంప్రదాయం ప్రకారం;

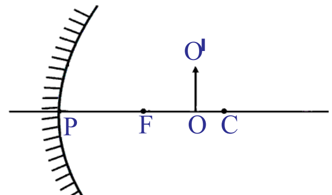
దర్పణనాభ్యంతరం $f = -15$ సెం.మీ.

వస్తుదూరం $u = -25$ సెం.మీ.

వస్తువు ఎత్తు $h_o = +4$ సెం.మీ.

ప్రతిబింబదూరం $u = ?$

ప్రతిబింబంఎత్తు $h_i = ?$



పటం-*E*

పై విలువలను $1/f = 1/v + 1/u$ సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$1/-15 = 1/v + 1/-25$$

$$\Rightarrow \quad 1/v = 1/25 - 1/15$$

$$\Rightarrow \quad 1/v = -2/75$$

$v = -37.5$ సెం.మీ.

కావున, దర్పణానికి ముందు 37.5 సెం.మీ. దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. ఇది నిజప్రతిబింబం.

ఆవర్ధనం $m = h_i / h_0 = -v / u$

ఈ సమీకరణంలో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$h_i/4 = -(-37.5) / (-25)$$

$$h_i = -(37.5 \times 4) / 25$$

$h_i = -6$ సెం.మీ

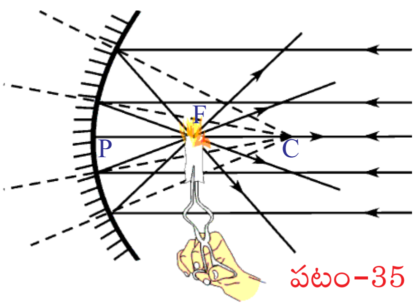
కావున, ప్రతిబింబం తలక్రిందులుగా ఏర్పడుతుంది. వస్తువు కంటే పెద్దగా ఉంటుంది.

ఇప్పటివరకు మనం వక్రతలాలపై కాంతి పరావర్తనం గురించి తెలుసుకున్నాం. ఈ జ్ఞానాన్ని మన నిత్యజీవితంలో వినియోగించుకునే ప్రయత్నం చేద్దాం.

సోలార్ కుక్కర్ తయారీ

'ఆర్కిమెడిస్' అనే శాస్త్రవేత్త అద్దాలను ఉపయోగించి శత్రువుల ఓడలను తగులబెట్టగలిగాడు అనే కథ గురించి మీరు వినే ఉంటారు.

మరి మనం దర్పణాలను ఉపయోగించి కనీసం ఒక పాత్రను వేడిచేయగలమా? ప్రయత్నిద్దాం.



పటం-35

పుటాకార దర్పణం సమాంతర సూర్యకిరణాలను నాభివద్ద కేంద్రీకరిస్తుందని మనం ఇదివరకే తెలుసుకున్నాం. కాబట్టి పటం-35లో చూపినవిధంగా పుటాకార దర్పణంతో ఒక చిన్న కాగితం ముక్కను మండించవచ్చు. (ఇలాగే కుంభాకార దర్పణంతో కూడా ప్రయత్నించండి. ఏం గమనించారు?)

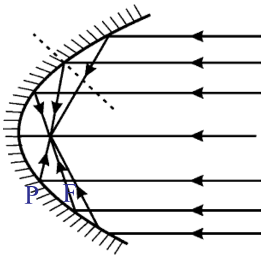
పటం-36

ఇదేవిధంగా పాత్రను వేడి చేయడానికి ఒక పెద్ద పుటాకార దర్పణాన్ని తయారు చేయండి.

మీరు టి.వి డిష్ యాంటెన్నాలను చూసి ఉంటారు కదా! కర్ర లేదా ఇనుపబద్దలతో టి.వి డిష్ ఆకారంలో 'ఫ్రేమ్' తయారు చేయండి. 'ఆక్రలిక్ అద్దం షీట్'ను సేకరించి మీ డిష్ యొక్క వ్యాసార్థానికి సమానమైన 'ఎత్తు' ఉండేవిధంగా ఆక్రలిక్ అద్దాలను 8 లేదా 12 సమద్విబాహు త్రిభుజాలుగా కత్తిరించండి. (ఈ సమద్విబాహు త్రిభుజాల భూముల మొత్తం పొడవు మీ డిష్ పరిధికి సమానంగా ఉండాలి.) పటం-36లో చూపిన విధంగా త్రిభుజాకార అద్దాలను మీ డిష్ ఫ్రేమ్‌పై అంటించండి.

మీ సోలార్ కుక్కర్ తయారైంది.

దీనిని సూర్యునికి అభిముఖంగా ఉంచి, దాని నాభిని కనుగొనండి. ఆ నాభి వద్ద పాత్రను ఉంచితే అది వేడెక్కుతుంది. ఆ పాత్రలో మీరు బియ్యం వండవచ్చు.



పటం-37

కారు హెడ్‌లైట్స్ వంటి వివిధ పరికరాలలో పటం-37లో చూపిన విధంగా పుటాకారదర్పణాలను పరావలయ ఆకారంలో అమర్చుతారు.

కీలక పదాలు

పతనకోణం, పరావర్తనకోణం, లంబం, పరావర్తన తలం, పార్శ్వ విలోమం, వక్రతాకేంద్రం, వక్రతావ్యాసార్థం, ప్రధానాక్షం, దర్పణకేంద్రం, నాభి, నాభ్యాంతరం, వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం, మిథ్యాప్రతిబింబం, నిజప్రతిబింబం, ఆవర్ధనం.

మనం ఏం నేర్చుకున్నాం?

- **ఫెర్మాట్ సూత్రం:** కాంతి ఎల్లప్పుడూ ప్రయాణ కాలం తక్కువగా ఉండే మార్గాన్ని ఎంచుకుంటుంది. కాంతి పరావర్తనం చెందిన సందర్భాలకు కూడా ఇది వర్తిస్తుంది.

కొవ్వొత్తి స్థానం (వస్తువు స్థానం)	ప్రతిబింబ స్థానం	వస్తువు కన్నా పెద్దదా/ చిన్నదా?	నిటారు ప్రతిబింబమా/ తలక్రిందుల ప్రతిబింబమా?	నిజ ప్రతిబింబమా / మిథ్యా ప్రతిబింబమా
దర్పణం, నాభి మధ్య	దర్పణం వెనుక	పెద్దది	నిటారు ప్రతిబింబం	మిథ్యా ప్రతిబింబం
నాభి వద్ద	అనంతదూరంలో	-	-	-
నాభి, వక్రతాకేంద్రం మధ్య	వక్రతాకేంద్రం ఆవల	పెద్దది	తలక్రిందుల ప్రతిబింబం	నిజ ప్రతిబింబం
వక్రతా కేంద్రం వద్ద	వక్రతాకేంద్రం వద్ద	సమాన పరిమాణం	తలక్రిందుల ప్రతిబింబం	నిజ ప్రతిబింబం
వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల	నాభి, వక్రతాకేంద్రం మధ్య	చిన్నది	తలక్రిందుల ప్రతిబింబం	నిజ ప్రతిబింబం

- **దర్పణ సూత్రం:** $1/f = 1/u + 1/v$
- **ఆవర్ధనం:** m = ప్రతిబింబ పరిమాణం (ఎత్తు) / వస్తు పరిమాణం (ఎత్తు) లేదా

  m = ప్రతిబింబ దూరం / వస్తుదూరం

అభ్యసనాన్ని మెరుగుపరచుకుందాం

1. కాంతి పరావర్తన నియమాలను తెలపండి. (AS1)
3. పుటాకార దర్పణం యొక్క నాభ్యాంతరాన్ని ఎలా కనుగొంటాం? (AS1)
4. పుటాకార దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షంపై నాభి, వక్రతాకేంద్రం మధ్య ఒక వస్తువును ఉంచితే ప్రతిబింబం ఎక్కడ ఏర్పడుతుంది? (AS1)
5. 8 సెం.మీ. వక్రతావ్యాసార్ధం గల పుటాకార దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షంపై దర్పణం నుండి 10 సెం.మీ. దూరంలో ఒక వస్తువును ఉంచితే ప్రతిబింబం ఎంతదూరంలో ఏర్పడుతుంది? (AS1)
6. పుటాకార, కుంభాకార దర్పణాల మధ్య భేదాలను తెలపండి. (AS1)
7. నిజ ప్రతిబింబం, మిథ్యా ప్రతిబింబం మధ్య భేదాలను తెల్పండి. (AS1)
8. పుటాకార దర్పణంతో మిథ్యా ప్రతిబింబాన్ని ఎలా ఏర్పరుస్తారు? (AS1)
9. గోళాకార దర్పణాలకు సంబంధించిన, కింద ఇవ్వబడిన పదాలను వివరించండి. (AS1)

   (ఎ) దర్పణధ్రువం (బి) వక్రతాకేంద్రం (సి) నాభి (డి) వక్రతా వ్యాసార్ధం

   (ఇ) నాభ్యంతరం (ఎఫ్) ప్రధానాక్షం (జి) వస్తుదూరం (హెచ్) ప్రతిబింబ దూరం (ఐ) ఆవర్ధనం
10. సంజ్ఞాసాంప్రదాయంలోని నియమాలను తెలపండి. (AS1)
11. సమతలదర్పణ ఆవర్ధనం 1 అని ఇవ్వబడింది. దీనిని బట్టి మీరు ఏంగ్రహించారు? (AS1)
12. గోళాకార దర్పణాలు లేకపోతే దైనందిన జీవితం ఎలా ఉంటుందో ఊహించండి. (AS2)
13. ఇంటిలో ఉన్న స్టీలు పాత్రలు, వాటిలోని ప్రతిబింబాలు చూసిన 3వ తరగతి విద్యార్థి సూర్య తన అక్క శ్రీవిద్యను కొన్ని ప్రశ్నలు అడిగాడు. ఆ ప్రశ్నలు ఏమై ఉంటాయో ఊహించండి. (AS2)
14. కాంతి మొదటి పరావర్తన సూత్రాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా మీరు ఎలా సరిచూస్తారు? (AS3)
15. కాంతి రెండవ పరావర్తన సూత్రాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా మీరు ఎలా సరిచూస్తారు? (AS3)
16. వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం కొలిచినటువంటి పుటాకార దర్పణం ప్రయోగం ద్వారా మీరు ఏం నిర్ధారించారు?(AS3)
17. సమతల దర్పణానికి ముందు ఉంచిన రెండు గుండు సూదుల తలలను తాకుతూ పోయి దర్పణంపై పతనమయ్యే కిరణానికి సంబంధించిన పరావర్తన తలాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా కనుక్కోండి. (AS3)
18. మానవ నాగరికతలో గోళాకార దర్పణాల పాత్ర గురించి సమాచారాన్ని సేకరించండి. (AS4)
19. మీ పరిసరాలలో ఉన్న వివిధ వస్తువులలో కుంభాకార, పుటాకారదర్పణాలుగా పనిచేసే వాటిని పట్టిక రూపొందించి మీ తరగతి గదిలో ప్రదర్శించండి. (AS4)
20. పుటాకార, కుంభాకారదర్పణాలలో మన ప్రతిబింబాలు ఎలా ఉంటాయి? వాటికి సంబంధించిన ఫోటోలను సేకరించి తరగతిగదిలో ప్రదర్శించండి. (AS4)
21. పిన్‌హోల్ కెమెరాలో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని పటం ద్వారా వివరించండి. (AS5)
22. పుటాకార దర్పణం వలన ఏర్పడే ప్రతిబింబ స్థానాన్ని గుర్తించడానికి అవసరమయ్యే కాంతి కిరణాలను గీయండి. (AS5)
23. పుటాకార దర్పణం యొక్క ప్రధానాక్షాంపై వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల వస్తువును ఉంచినప్పుడు ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని వివరించే పటం గీయండి. (AS5)
24. సోలార్ కుక్కర్‌ను తయారు చేయండి. తయారీ విధానాన్ని వివరించండి. (AS5)
25. వస్తువుపైనే ప్రతిబింబం ఏర్పడాలంటే పుటాకార దర్పణం ముందు వస్తువును ఎలా ఉంచాలో పటం గీసి వివరించండి. (AS5)
26. మన దైనందిన జీవితంలో గోళాకార దర్పణాల పాత్రను మీరెలా అభినందిస్తారు? (AS6)

27. పుటాకారదర్పణంతో వల్ల కాంతి పరావర్తనం పొందే విధానాన్ని టి.వి. యాంటినా డిష్‌ల నిర్మాణంలో ఉపయోగించిన తీరును మీరు ఎలా అభినందిస్తారు? (AS6)
28. వర్షం వల్ల ఏర్పడ్డ నీటి గుంటలలో ఆకాశపు ప్రతిబింబాన్ని మీరెప్పుడైనా చూశారా? ఇందులో కాంతి పరావర్తనం ఎలా జరుగుతుందో వివరించండి. (AS6)
29. భవంతులు, దాబాలను అద్దాలతో అలంకరించడం వల్ల కలిగే లాభనష్టాలను చర్చించండి. (AS7)
30. వాహనాల 'రియర్ వ్యూ మిర్రర్స్' గా కుంభాకారదర్పణాలనే ఎందుకు వాడతాం? (AS7)
31. 3 మీ. వక్రతావ్యాసార్ధం గల కుంభాకారదర్పణాన్ని ఒక వాహనానికి రియర్ వ్యూ మిర్రర్‌గా ఉపయోగించారు. ఈ దర్పణానికి 5 మీ. దూరంలో ఒక బస్ ఉంటే, అప్పుడు ఏర్పడే ప్రతిబింబస్థానాన్ని, పరిమాణాన్ని లెక్కించండి. ఈ ప్రతిబింబం నిటారుప్రతిబింబమా, తలక్రిందుల ప్రతిబింబమా తెల్పండి. (AS7)
32. 15 సెం.మీ నాభ్యంతరంగల కుంభాకారదర్పణం ముందు 10 సెం.మీ. దూరంలో వస్తువును ఉంచాం. ప్రతిబింబస్థానం, ప్రతిబింబ లక్షణాలను తెలపండి. (AS7)

ఖాళీలను పూరించండి

1. గోళాకారదర్పణం ఏ గోళానికి సంబంధించినదో, ఆ గోళ కేంద్రాన్ని దర్పణం యొక్క __________ అంటాం.
2. దర్పణం యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రాన్ని __________ అంటాం.
3. దర్పణవక్రతాకేంద్రం మరియు దర్పణకేంద్రం గుండాపోయే రేఖను __________ అంటాం.
4. ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కాంతికిరణాలు పుటాకార దర్పణం వల్ల __________ వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి.
5. దర్పణధ్రువానికి, దర్పణవక్రతాకేంద్రానికి మధ్య దూరాన్ని __________ అంటాం.
6. దర్పణధ్రువం, నాభికి మధ్య దూరాన్ని __________ అంటాం.
7. నాభ్యంతరం మరియు వక్రతావ్యాసార్ధాల మధ్య సంబంధాన్ని __________ గా రాయవచ్చు.
8. పతన, పరావర్తన కోణాల మధ్య సంబంధాన్ని __________ గా రాయవచ్చు.
9. కాంతి ఎల్లప్పుడూ ప్రయాణకాలం తక్కువగా ఉండే మార్గాన్ని ఎన్నుకుంటుందని తెలియజేసిన శాస్త్రవేత్త __________.
10. వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం మరియు నాభ్యంతరాల మధ్య సంబంధాన్ని __________ గా రాయవచ్చు.

సరైన సమాధానాన్ని ఎన్నుకోండి

1. పుటాకారదర్పణ ప్రధానాక్షంపై C వద్ద వస్తువునుంచినపుడు ప్రతిబింబం ____ వద్ద ఏర్పడుతుంది. [ ]
   a) అనంతదూరం b) నాభి, వక్రతాకేంద్రం మధ్య c) వక్రతాకేంద్రం d) వక్రతాకేంద్రం ఆవల
2. పుటాకారదర్పణంతో ఏర్పడే ప్రతిబింబపరిమాణం వస్తుపరిమాణం కంటే తక్కువగా ఉండే సందర్భం ఏది? [ ]
   a) దర్పణనాభివద్ద వస్తువు ఉన్నప్పుడు b) దర్పణధ్రువానికి, నాభికి మధ్య వస్తువు ఉన్నప్పుడు
   c) వక్రతాకేంద్రం వద్ద వస్తువు ఉన్నప్పుడు d) వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల వస్తువు ఉన్నప్పుడు
3. పుటాకారదర్పణంతో మిథ్యాప్రతిబింబాన్ని ఎప్పుడు పొందగలం? [ ]
   a) దర్పణనాభివద్ద వస్తువు ఉన్నప్పుడు b) దర్పణధ్రువానికి, నాభికి మధ్య వస్తువు ఉన్నప్పుడు
   c) వక్రతాకేంద్రం వద్ద వస్తువు ఉన్నప్పుడు d) వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల వస్తువు ఉన్నప్పుడు
4. ఆవర్ధనం m = __________ [ ]
   a) v/u b) u/v c) h_o/h_i d) h_i/h_o
5. కుంభాకారదర్పణనాభి దిశలో ప్రయాణిస్తూ, దర్పణంపై పడిన కాంతికిరణం పరావర్తనం చెందాక ___ [ ]
   a) ప్రదానాక్షానికి సమాంతరంగా వెళ్తుంది b) అదే దిశలో వెనుకకు వెళ్తుంది
   c) F గుండా వెళ్తుంది d) C గుండా వెళ్తుంది