23 దృక్‌సాధనాలు

సుదూరంలో ఉన్న నక్షత్రాలు, గ్రహాలు మొదలైనవి చాలా చిన్నవిగా కనిపిస్తాయి కనుక వాటిని పూర్తిగా చూడలేము. అంటే చాలా చిన్న వస్తువులైన ఉదా: పుప్పొడి, బ్యాక్టీరియా, వైరస్ మొదలగునవి కూడా మామూలు కంటికి కనిపించవు. మనం జ్ఞప్తికి ఉంచుకున్న విషయాలు తప్ప మనకళ్ళు చూసినదంతటిని శాశ్వతంగా నిక్షిప్తపరచుకోవు. అతి చిన్న మరియు సుదూరంలో ఉన్న వస్తువులను మనం ఎలా చూడగలం అని మీరు అడగవచ్చు? ఈ ప్రయోజనం కొరకు ఉపయోగించే కొన్ని ప్రత్యేక పరికరాలను **దృక్ సాధనాలు** అంటారు.

ఈ పాఠంలో రెండు ముఖ్యమైన దృక్ సాధనాలు సూక్ష్మదర్శిని దూరదర్శినుల గురించి చదువుతారు. సూక్ష్మదర్శిని చిన్న వస్తువులను పెద్దవిగా కనబడేలా చేస్తుందని, దూరంలో ఉన్న వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తామని మీకు తెలుసు. ఈ ఉపకరణాలను మన అవసరాలకు తగినట్లుగా నిర్మిస్తారు. (కటకాలు, దర్పణాల ద్వారా ప్రతిబింబం ఏర్పడుట గురించి 20 వ పాఠంలో మీరు గ్రహించిన పరిజ్ఞానం ఈ దృక్ సాధనాల పని తీరును అర్థం చేసుకోవడానికి ఉపయోగపడుతుంది.) సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగాన్ని దాని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ద్వారా, దూరదర్శిని ఉపయోగాన్ని దాని పృథక్కర సామర్థ్యం ద్వారా గణిస్తారు. మీరు హబుల్ టెలిస్కోప్ గురించి చదివే ఉంటారు. శాస్త్రవేత్తలు దీనిని గేలాక్సీల వివరాలు తెలుసుకోవడానికి, సౌరవ్యవస్థ ఆవల మానవ నివాసయోగ్యమైన గ్రహాల ఉనికిని కనుగొనడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- సరళ మరియు సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినులు పనిచేయు సూత్రం వివరణ.
- సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యంకు సమాసమును ఉత్పాదించుట.
- రేఖీయ, కోణీయ ఆవర్ధనంల మధ్య భేదం.

- వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినులు పనిచేయు సూత్రం వివరణ.
- కన్ను మరియు దూరదర్శినుల పృథక్కరణ సామర్థ్యంలను గణించుట.

23.1 సూక్ష్మదర్శిని

20వ పాఠంలో దర్పణాలు, కటకాల ద్వారా ప్రతిబింబం ఏర్పడుట గురించి నేర్చుకున్నారు. ఒక కుంభాకార కటకాన్ని తీసుకోని ఈ పేజీపై ఉంచినపుడు అక్షరాల ప్రతిబింబాలు కనిపిస్తాయి. ఆ కటకాన్ని జరుపుతూ పేజికి దగ్గరగా తీసుకొచ్చినపుడు దాని మీద ముద్రింపబడిన అక్షరాలు పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి. కుంభాకార కటకం పెద్దదైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది కనుక పై విధంగా జరుగుతుంది. అంటే అది సరళసూక్ష్మ దర్శిని లేదా భూతద్దంలా పనిచేస్తుంది. చిన్న పిల్లల శరీరం మీద తట్టును పరీక్షించడానికి లేదా దంతవైద్యుడు పంటిలోని రంధ్రాన్ని చూడటానికి దీనిని ఉపయోగించడం మీరు చూసే ఉంటారు. గడియారములు బాగు చేసేవాళ్ళు, దానిలోని భాగాలు పెద్దవిగా కనబడటానికి, స్వర్ణకారులు, సున్నితమైన నగల పనితనం కొరకు దీని ఉపయోగిస్తారు. ఒక కుంభాకార కటకాన్ని తీసుకొని కాగితం పై సూర్యకాంతిని కేంద్రీకరించడానికి ప్రయత్నించండి. కొంత సమయం తర్వాత ఆ కాగితం మండుట మొదలవుతుంది. అంటే కుంభాకార కటకం మంటను ప్రేరేపించగలదు. అందువల్లనే కర్రల మధ్యలో ఖాళీ సీసాలను ఉంచకూడదు. సూర్యకాంతి ఆ గాజు సీసాలపై పడి కర్రల మీద ఉన్న ఎండుటాకుల మీద కేంద్రీకరింపబడి అవి మండేలా చేస్తుంది. కొన్నిసార్లు ఇవి కార్చిచ్చులకు కారణమయి పెద్ద పెద్ద అడవులను లేదా నివాస స్థలాలను నాశనం చేస్తాయి. ఇటువంటి అగ్నిప్రమాదాలు ఆస్ట్రేలియా, ఇండోనేషియా, అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలలో సర్వసాధారణం.

కుంభాకార కటకం, సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా దానికి దగ్గరలో ఉన్న వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వాటి సహజ పరిమాణం కన్నా 20 రెట్లు పెద్దదైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలదు. అంతకన్నా ఎక్కువ ఆవర్ధనానికి రెండు కటకాల సంయోగంతో ఏర్పరచిన సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినులను వాడతారు. భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగశాలలో భూతద్దాన్ని ట్రావలింగ్ మైక్రోస్కోప్, స్పెక్ట్రోమీటర్‌కు కున్న వెర్నియర్ రీడింగ్‌లను తీసుకోవడానికి ఉపయోగిస్తారు.

సరళ, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినుల గురించి చదివేటప్పుడు కొన్ని శాస్త్రీయ పదాలైన (i) సమీప బిందువు, (ii) స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం, (iii) కోణీయ ఆవర్ధనం లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం, (iv) సహజ సర్దుబాటు లాంటి వాటిగురించి తెలుసుకోవాలి. మొదట వీటిని నిర్వచిద్దాం.

(i) **సమీప బిందువు (Near point) :** కంటి రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా (కంటి యొక్క కటకం వలన) వస్తువును ఉంచినపుడు కంటికి వస్తువుకు మధ్యగల దూరంను **సమీపబిందువు** అంటారు. ఈ సమీప బిందువు వ్యక్తికి, వ్యక్తికి వేరుగా ఉంటూ, వ్యక్తి వయస్సు మీద కూడా ఆధారపడుతుంది. చిన్న వయస్సు (10 సంవత్సరాల కన్నా తక్కువ) లో సమీప బిందువు 7–8 సెం.మీ. వరకు ఉంటుంది. పెద్ద వయస్సులో సమీప బిందువు విలువ బాగా పెరుగుతుంది. ఇది 100–200 సెం.మీ. కన్నా ఎక్కువే. అందువల్లనే చిన్న పిల్లలు పుస్తకాలను కంటికి దగ్గరగా పెట్టుకొని, పెద్దవారు పుస్తకం లేదా దినపత్రికను కంటి నుండి దూరంగా పెట్టుకొంటారు.

(ii) **స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరం (Least distance of distinct vision) :** మానవుని కన్ను ఎంతదూరంలో వస్తువులను కంటికి శ్రమలేకుండా స్పష్టంగా చూడగలుగుతుందో ఆ దూరాన్ని స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం అంటారు. సాధారణ మానవుని కంటికి ఈ దూరం 25 సెం.మీ. ఉంటుంది.

(iii) **కోణీయ ఆవర్ధనం** (angular magnification) : స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో వస్తువును ఉంచినపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, (సూక్ష్మ దర్శినిని ఉపయోగించినపుడు) వస్తువు ఏ పరికరం సహాయంలేని కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని కోణీయ ఆవర్ధనం అంటారు. దీనిని సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అని కూడా అంటారు.

(iv) **సహజ సర్దుబాటు** (Normal Adjustment): ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడినపుడు కన్ను దానిని తక్కువ శ్రమతో రెటీనా మీద పడేటట్లు చేస్తుంది. దీనిని సహజ సర్దుబాటు అంటారు.

(v) **రేఖీయ ఆవర్ధనం** (Linear magnification): ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని రేఖీయ ఆవర్ధనం అంటారు.

(vi) **దృష్టి కోణం** (Visual Angle) : వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణాన్ని దృష్టికోణం అంటారు.

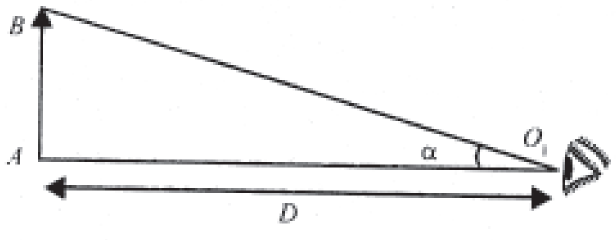
23.1.1. సరళ సూక్ష్మ దర్శిని (Simple Microscope) :

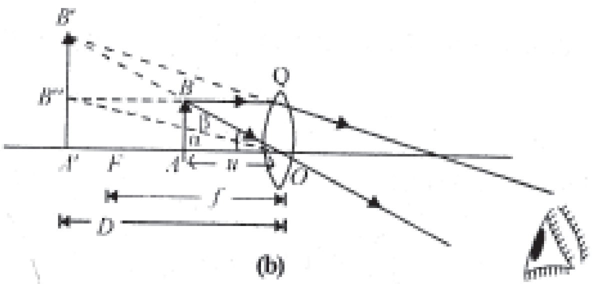
తక్కువ నాభ్యంతరం గల కుంభాకార కటకాన్ని చిన్న వస్తువు యొక్క వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని చూడటానికి ఉపయోగిస్తే దానిని సరళ సూక్ష్మదర్శిని అంటారు.

కుంభాకార కటకం యొక్క కటక కేంద్రానికి, నాభికి మధ్యలో వస్తువు నుంచినపుడు, మిథ్యా, నిట్టనిలువు, వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని వస్తువు ఉన్న వైపునే అది ఏర్పరుస్తుందని మనకు తెలుసు. నిజానికి అటువంటి కటకాన్ని కంటికి సమీపంలో ఉంచుకొని ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేవరకు వస్తుదూరాన్ని సర్దుబాటు చేస్తాం. ఇది పటం 23.1లో ఉదహరింపబడింది. పటంలో AB వస్తువును F మరియు O ల మధ్య ఉంచారు. వస్తువు ఉన్న వైపునే దాని మిథ్యా ప్రతిబింబం A^1B^1 ఏర్పడుతుంది. ప్రతిబింబం స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడే విధంగా వస్తువు స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేశారు.

సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

వస్తువు, ప్రతిబింబం రెండూ స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో లేదా సమీప బిందువు వద్ద ఉన్నపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువును తిన్నగా చూసినపుడు వస్తువు కంటి చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సరళసూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. దీనిని కోణీయ ఆవర్ధనం అని కూడా అంటారు. దీనిని M తో సూచిస్తారు. పటం 23.1(ఎ), (బి)ల నుండి సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం $M = \frac{\angle A^1OB^1}{\angle AOB} = \frac{\beta}{\alpha}$





పటం 23.1: సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం

వాస్తవానికి α, β కోణాలు చాలా స్వల్పం. కనుక ఆ కోణాలకు బదులు టాంజెంట్‌లను తీసుకోవచ్చు.

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} \qquad \ldots(23.1)$$

త్రిభుజాలు A^1OB^1, AOB ల నుండి

$$\tan\beta = \frac{A^1B^1}{A^1O} = \frac{A^1B^1}{D}$$

$$\tan\alpha = \frac{A^1B^{11}}{A^1O} = \frac{AB}{D}$$

సమీకరణం (23.1) లో $\tan\alpha$, $\tan\beta$ విలువలు ప్రతిక్షేపించగా

$$M = \frac{A^1B^1}{D} \Big/ \frac{AB}{D} = \frac{A^1B^1}{AB}$$

పటం 23.1(b)లో త్రిభుజాలు AOB, A^1OB^1 లు సరూపాలు కనుక

$$\frac{A^1B^1}{AB} = \frac{A^1O}{AO} \qquad \ldots(23.2)$$

సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని అనుసరించి

$$A^1O = -D$$

$$AO = -x$$

సమీకరణం (23.2) నుండి

$$\frac{A^1B^1}{AB} = \frac{D}{u} \qquad \ldots(23.3)$$

సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేస్తున్న కటక నాభ్యంతరం f అయితే కటక సూత్రాన్ని $\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}\right)$ ఉపయోగించి

$$v = -D, u = -u, \ f = f$$

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

$$-\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

రెండు వైపులా D తో గుణించి, పదాలు సర్దుబాటుచేయగా

$$\frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f} \qquad \ldots(23.4)$$

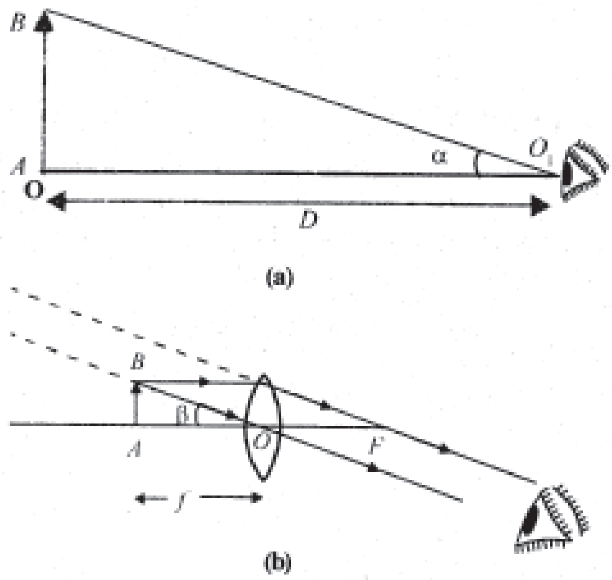
సమీకరణం (23.3), (23.4) ల నుండి

$$\frac{A^1B^1}{AB} = 1 + \frac{D}{f}$$

$$M = 1 + \frac{D}{f} \qquad \ldots(23.5)$$

కుంభాకార కటక నాభ్యంతరం తక్కువగా ఉంటే సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువగా ఉంటుందని పై సమీకరణం నుండి తెలుస్తుంది.

సహజ సర్దుబాటు : ఈ సందర్భంలో ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడింది. ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువును D వద్ద ఉంచినపుడు వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని సూక్ష్మదర్శిని వృద్ధీకరణ సామర్థ్యం అంటారు. పటం 23.2(ఎ)లో వస్తువును స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరం D వద్ద ఉంచారు.



పటం 23.2 : సహజ సర్దుబాటుతో ప్రతిబింబం ఏర్పడుట

వస్తువు, ప్రతిబింబం మామూలు కంటి వద్ద చేసే కోణాలు వరుసగా α, β. ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$ గా నిర్వచించవచ్చు.

వాస్తవానికి α, β కోణాలు స్వల్పం కనుక ఇంతకు ముందులాగానే వీటిని టాంజెంట్‌లతో రాయగా

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$= \frac{AB}{AO}\Big/\frac{AB}{AO_1}$$

$$= \frac{AO_1}{AO} = \frac{D}{f}$$

$$\boxed{M = \frac{d}{f}} \qquad \text{..... (23.6)}$$

సహజ సర్దుబాటులో ప్రతిబింబాన్ని కంటికి శ్రమ కలుగకుండా చూడవచ్చు. ఈ క్రింది ఉదాహరణను జాగ్రత్తగా పరిశీలించండి.

ఉదాహరణ 23.1 : నాభ్యంతరం 2.5 సెం.మీ. గల సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోండి.

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

D = 25 సెం.మీ., f = 2.5సెం.మీ. పెట్టగా

$$M = 1 + \frac{25}{2.5} = 1 + 10 = 11$$

23.1.2. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని (Compound Microscope)

సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని రెండు కటకాలను కలిగి ఉంటుంది. తక్కువ నాభ్యంతరం తక్కువ కంత కలిగిన కటకం వస్తువు వైపుకు ఉంటుంది. దీనిని వస్తు కటకం అంటారు. తక్కువ నాభ్యంతరం ఎక్కువ కంత కలిగిన మరియొక కటకం కంటి వైపు ఉంటుంది. దీనిని అక్షి కటకం అంటారు. ఒక గొట్టం రెండు చివరలలో సహాక్షంగా వస్తు కటకం, అక్షి కటకంలను అమర్చుతారు.

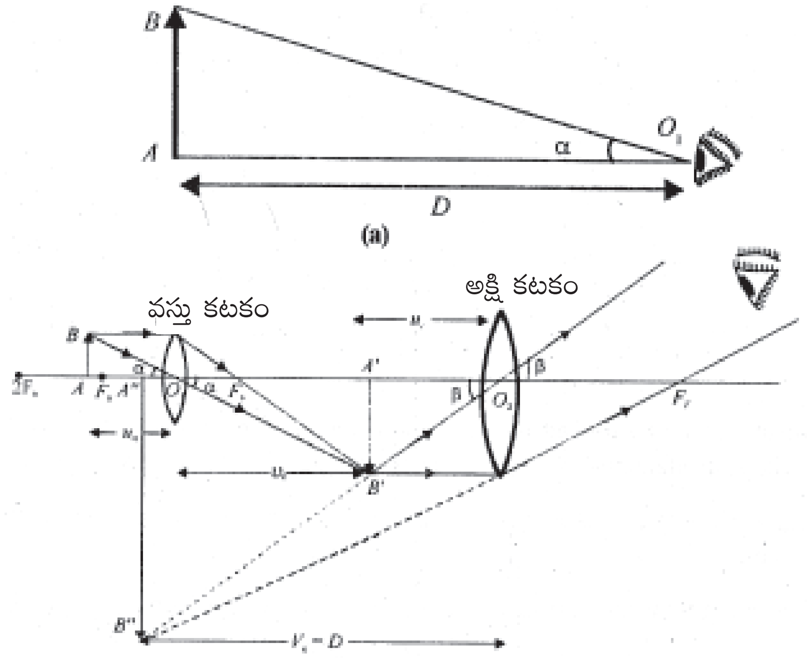
వస్తు కటకం F, 2F ల మధ్యలో వస్తువు నుంచినపుడు నిజ, తలక్రిందులైన వృద్ధీకృత ప్రతిబింబం 2F కు ఆవల, వస్తు కటకం మరియొక వైపున ఏర్పడుతుంది. సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేసే అక్షికటకానికి పై ప్రతిబింబం వస్తువుగా పనిచేస్తుంది. అక్షికటకం నాభి, కటకకేంద్రంల మధ్యలో పై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా అక్షికటకాన్ని సర్దుబాటు చేస్తే అది సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేసి వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని అక్షి కటకం నుండి స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేలా చేస్తుంది.

సంయుక్త సూక్ష్మ దర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం : వస్తువు, దానితుది ప్రతిబింబం, రెండూ స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఉన్నపుడు తుది ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువు ఏ పరికరం సహాయం లేని కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. దీనిని M తో సూచిస్తారు. పటం 23.3 నుండి

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

α, β కోణాలు చాలా స్వల్పం కనుక వీటిని వాటి టాంజెంట్‌లతో రాయగా

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$



పటం 23.3 : తుది ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడినపుడు సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో ప్రతిబింబం ఏర్పడుట.

$$M = \frac{A^{11}B^{11}}{D} \Big/ \frac{AB}{D}$$

$$M = \frac{A^{11}B^{11}}{AB} = \frac{A^{11}B^{11}}{A^1B^1} \cdot \frac{A^1B^1}{AB}$$

సరూప త్రిభుజాలైన $A^{11}B^1O_2, A^1B^1O_2$ ల నుండి

$$\frac{A^{11}B^{11}}{A^1B^1} = \frac{A^{11}O_2}{A^1O_2} = \frac{D}{u}$$

అలాగే సరూప త్రిభుజాలైన $A^1B^1O_1$, ABO ల నుండి

$$\frac{A^1B^1}{AB} = \frac{v_0}{u_0}$$

అక్షి కటకం యొక్క ఆవర్ధనం

$$m_e = \frac{A^{11}B^{11}}{A^1B^1}$$

వస్తు కటకం యొక్క ఆవర్ధనం $m_0 = \frac{A^1B^1}{AB}$

అపుడు $M = \frac{D}{u_e} \cdot \frac{v_0}{u_0} = m_e \times m_0$ ...(23.7)

20వ పాఠం నుండి కటక సూత్రంను తీసుకొని దానిని అక్షి కటకానికి రాయగా

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

రెండు వైపులా v_e తో గుణించగా

$$\frac{v_e}{v_e} - \frac{v_e}{u_e} = \frac{v_e}{f_e}$$

$$\frac{v_e}{u_e} = 1 - \frac{v_e}{f_e}$$

f_e ధనాత్మకం కనుక, సంజ్ఞా సాంప్రదాయం ప్రకారం $v_e = -D$

$$m_e = \frac{v_e}{u_e} = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad ...(23.8)$$

సమీకరణం (23.7), (23.8)లను కలపగా

$$M = \frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad \ldots(23.9)$$

వాస్తవానికి వస్తు కటకం నాభ్యంతరం చాలా తక్కువ, AB వస్తువును వస్తు కటకం నాభికి కొద్దిగా ఆవలి వైపున ఉంచారు కనుక

$$u_0 \approx f_0$$

అక్షి కటకం నాభ్యంతరం కూడా చాలా తక్కువ, వస్తు కటకం నుంచి A^1B^1 ప్రతిబింబ దూరం, సూక్ష్మదర్శిని పొడవుకు సమానం అంటే

$$v_0 \approx L$$

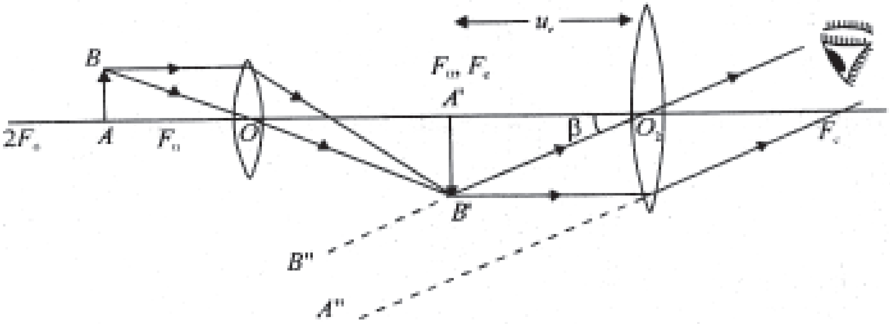
సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = \frac{L}{f_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad \ldots(23.10)$$

సహజ సర్దుబాటు వద్ద ఆవర్ధన సామర్థ్యం : ఈ సందర్భంలో ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడుతుంది. ఇంతకు ముందు చేసినట్లుగా చేసిన, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం.

$$M = m_0 \times m_e$$

$$M = \frac{v_0}{u_0}\left(\frac{D}{f_e}\right)$$



పటం 23.4 : సహజ సర్దుబాటు వద్ద సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని

సంఖ్యాత్మక ఉదాహరణలను చూద్దాం :

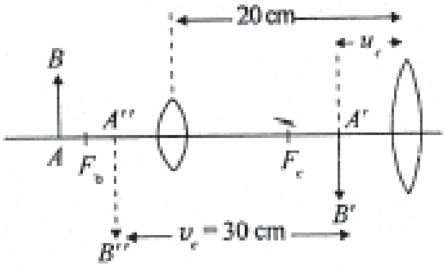
ఉదాహరణ 23.2 సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని వస్తు కటక నాభ్యంతరం 2 సెం.మీ. అక్షికటక నాభ్యంతరం 5 సెం.మీ. రెండు కటకాల మధ్యబిందువుల మధ్య దూరం 20 సెం.మీ అక్షికటకం నుండి 30 సెం.మీ దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడితే సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : వస్తు కటకానికి $f_0 = 2$ సెం.మీ $v_0 = 20$ సెం.మీ అక్షి కటకాలనికి $f_e = 5$ సెం.మీ $v_e = -30$ సెం.మీ

కటక సూత్రంను ఉపయోగించి v_e విలువను కనుగోనవచ్చు

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

విలువలు ప్రతిక్షేపించి, సాధించగా $u_e = -\frac{30}{7}$ సెం.మీ



వస్తు కటకానికి $v_0 = 20 - \frac{30}{7} = \frac{110}{7}$ cm

$\frac{1}{v_0} - \frac{1}{u_0} = \frac{1}{f_0}$ ను ఉపయోగించి

$$\frac{1}{\frac{110}{7}} - \frac{1}{u_0} = \frac{1}{2}$$

$$u_0 = -\frac{110}{48} \text{cm}$$

వస్తు కటకం ఆవర్ధనం $m_0 = \frac{v_0}{u_0} = \frac{110/7}{-110/48} = -\frac{48}{7}$

అక్షికటకం ఆవర్ధనం $m_e = \frac{v_e}{u_e} = \frac{-30/1}{-30/7} = 7$

సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనం $M = (m_0)(m_e)$

$$= \left(\frac{-48}{7}\right)(7) = -48$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.1

1. i) సరళసూక్ష్మదర్శిని ii) సంయుక్తసూక్ష్మదర్శినిలు ఏర్పరచే ప్రతిబింబాల స్వభావం ఏమిటి?

....

2. ఆవర్ధన సామర్థ్యంకు ఆవర్ధనం కు మధ్యగల తేడా ఏమిటి?

....

3. సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం 11 దాని నాభ్యంతర మెంత?

....

4. 100 సెం.మీ 4సెం.మీ నాభ్యంతరాలు గల రెండు కటకాలు నీ దగ్గర ఉంటే సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో అక్షి కటకం గా ఏ కటకాన్ని ఉపయోగిస్తావు? ఎందుకు?

....

5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని వస్తు కటక అక్షికటక నాభ్యంతరాలు ఎందుకు తక్కువగా ఉంటాయి?

....

23.2 దూరదర్శినిలు

ఖగోళ మరియు భూమి మీద ఉండే సుదూర వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తారు. ఇందులో కొన్ని వస్తువులు సాధారణ కంటికి కనిపించవు. సుదూరంలో ఉన్న వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణం చాలా స్వల్పం కనుక వస్తువును చూడలేము. దూరదర్శినిని ఉపయోగించినపుడు అది కంటి వద్ద కోణాన్ని ఎక్కువ చేసి ప్రతిబింబాన్ని కంటి సమీపంలోకి తెస్తుంది. ప్రధానంగా రెండు రకాల దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తున్నారు. వక్రీభవన దూరదర్శిని, పరావర్తన దూరదర్శిని. ఇపుడు వాటిని గురించి చర్చించుకుందాం.

23.2.1. వక్రీభవన దూరదర్శిని :

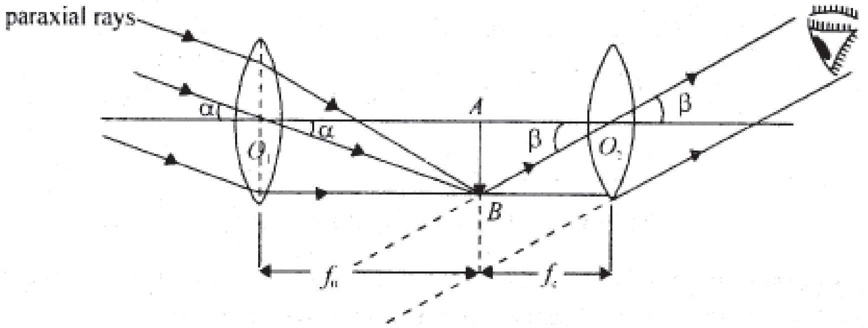
వక్రీభవన దూరదర్శినులు కూడా రెండు రకాలు.

- **ఖగోళ దూరదర్శిని :** దీనిని విశ్వంలో ఉండే లేదా ఖగోళ వస్తువులను చూడటానికి ఉపయోగిస్తారు.
- **భూగోళ దూరదర్శిని :** భూమి మీద ఉండే సుదూర వస్తువులను చూడటానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇందులో ఏర్పడే ప్రతిబింబం నిట్టనిలువుగా ఉండాలి. గెలిలియో దూరదర్శిని ని కూడా భూమి మీద ఉండే వస్తువులను చూడటానికే ఉపయోగిస్తారు.

ఖగోళ దూరదర్శిని మిథ్యా మరియు తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ఖగోళ వస్తువులు గుండ్రంగా ఉంటాయి తలక్రిందులైన ప్రతిబింబం ఏర్పడినా కనుక వీటిని గమనించుటలో ఏమీ ఇబ్బందికరం కాదు. దూరదర్శిని రెండు కటకాల వ్యవస్థను కలిగి ఉంటుంది. ఎక్కువ కంత పరిమాణము ఎక్కువ నాభ్యంతరం (f_0) ను కలిగి వస్తువువైపు ఉండే కటకాన్ని వస్తుకటకం అంటారు. కంటివైపు ఉండే ఇంకొక కటకాన్ని అక్షికటకం అంటారు. ఇది తక్కువ కంత పరిమాణాన్ని, తక్కువ నాభ్యంతరాన్ని కలిగి ఉంటుంది. వస్తు కటకం, అక్షికటకాలను లోహపు గొట్టాలలో సహాక్షంగా అమర్చుతారు.

సుదూరంలో ఉన్న వస్తువు యొక్క నిజ మరియు తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని తన నాభీయతలంలో ఏర్పరుస్తుంది. కటకస్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతి బింబాన్ని అనంతదూరంలో ఏర్పడేటట్లు చేస్తారు. (ఈ సర్దుబాటును సహజ సర్దుబాటు అంటారు). అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబాన్ని స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేలా చేస్తారు.

(a) తుది ప్రతిబింబం అనంత దూరంలో ఏర్పడినప్పుడు : (సహజ సర్దుబాటు) ఖగోళ వస్తువుల నుండి వచ్చే ఉపాక్షీయ కిరణాలు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉండి ప్రధానాక్షంతో α కోణం చేస్తాయి. ఈ కిరణాలు వస్తు కటకం గుండా ప్రయాణించిన తరువాత నిజ, తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని వస్తుకటకం నాభీయతలంలో ఏర్పరుస్తాయి. ఈ సందర్భంలో అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబం అనంత దూరంలో ఏర్పడేటట్లు చేస్తారు.



పటం 23.6 : ఖగోళ దూరదర్శిని పనిచేయు సూత్రము

దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం : వస్తువు, ప్రతిబింబం రెండూ అనంత దూరంలో ఉన్నపుడు దూరదర్శిని గుండా చూసే ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేయు కోణం, వస్తువు వస్తు కటకం వద్ద చేయు కోణం ల నిష్పత్తిని **దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం** అంటారు. దీనిని **కోణీయ ఆవర్ధనం** అని కూడా అంటారు. M తో సూచిస్తారు. నిర్వచనం ద్వారా

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

α, β లు చాలా స్వల్పం కనుక వాటిని టాంజెంట్‌లలో రాయగా

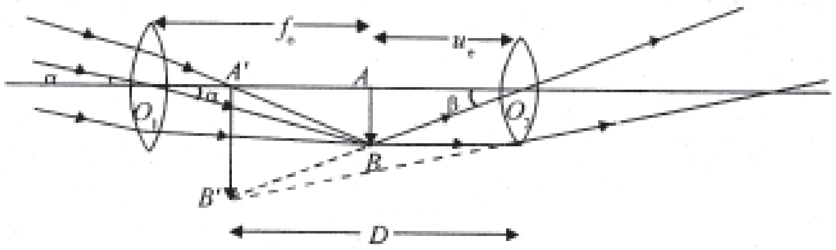
$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$M = \frac{AB/AO_2}{AB/AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_0}{f_e} \qquad \ldots(23.11)$$

దీని నుండి వస్తు కటక నాభ్యంతరం ఎక్కువగా ఉండి, అక్షి కటక నాభ్యంతరం తక్కువగా ఉంటే సహజ సర్దుబాటులో దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువగా ఉంటుంది. సహజ సర్దుబాటు లో దూరదర్శిని పొడవు $(f_0 + f_e)$

(b) తుది ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ఠ దూరంలో ఏర్పడినపుడు: ఖగోళ వస్తువు నుండి వచ్చే ఉపాక్షీయ కిరణాలు ప్రధానాక్షంతో α కోణం చేస్తాయి. వస్తు కటకం గుండా ప్రయాణించి దానికి ఇంకోక వైపున నిజ, తలక్రిందులైన ప్రతిబింబం AB ను ఏర్పరుస్తాయి. అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబాన్ని స్పష్ట దృష్టి కనిష్ఠ దూరంలో ఏర్పరచవచ్చు.



పటం 23.7 : దూరదర్శిని D వద్ద ప్రతిబింబమును ఏర్పరుచుట

ఆవర్ధన సామర్థ్యం : D వద్ద ఏర్పడిన ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, అనంతదూరంలో ఉన్న వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, మధ్య గల నిష్పత్తిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు.

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$= \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$= \frac{AB/AO_2}{AB/AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_0}{u_e} \qquad \ldots(23.12)$$

అక్షి కటకానికి $\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

$$\frac{1}{u_e} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{f_e}$$

$$= -\frac{1}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{v_e}\right)$$

$$M = \frac{f_0}{u_e} = -\frac{f_0}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{v_e}\right) \qquad \ldots(23.13)$$

కార్టీజియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయానాన్ని అనువర్తింప చేస్తే

$$f_0 = +f_0, v_e = -D, f_e = +f_e$$

$$M = -\frac{f_0}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right) \qquad \ldots(23.14)$$

దూరదర్శిని ఆవర్దన సామర్థ్యంలో రుణ సంజ్ఞ తుది ప్రతిబింబం తలక్రిందులైన, నిజ ప్రతిబింబాన్ని సూచిస్తుంది. దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం, సహజ సర్దుబాటు లోని ఆవర్ధన సామర్థ్యం కంటే స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం కు చేసిన సర్దుబాటు లోని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువ అని పై సమాసం నుండి తెలుస్తుంది.

ఉదాహరణ 23.3 ఖగోళ దూరదర్శిని వస్తుకటక నాభ్యంతరం 75 సెం.మీ. అక్షికటక నాభ్యంతరం 5 సెం.మీ. తుది ప్రతిబింబం కంటి నుండి స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం లో ఏర్పడితే దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోండి.

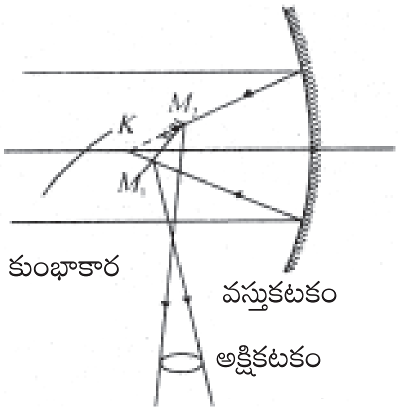
సాధన : f_0= 75 సెం.మీ., f_e = 5 సెం.మీ., D = 25 సెం.మీ.

$$M = -\frac{f_0}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right) = \frac{-75}{5}\left(1+\frac{5}{25}\right) = -18$$

23.2.2 పరావర్తన దూరదర్శిని :

సుదూరంలో ఉన్న నక్షత్రాలను చూడటానికి పరావర్తన దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తారు. మరియు సుదూరంలో ఉన్న మంద(faint) నక్షత్రాల యొక్క ప్రకాశవంతమైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచడానికి ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించే సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

ఎక్కువ కంత పరిమాణం, ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల పుటాకార దర్పణంను వస్తు కటకంగా వాడతారు. పుటాకార దర్పణం పరావలయాత్మక ఆకారంలో ఉంది కనుక గోళాకార విపథన రహితంగా ఉంటుంది. పరావర్తన కిరణాలు కలుసుకొని దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం యొక్క నిజ, తలక్రిందులైన, చిన్నదైన పరిమాణం గల ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచే ముందు, ఆ కిరణాలు పుటాకార దర్పణ ప్రధానాక్షం తో 45^0 కోణంతో అమర్చిన M_1M_2 సమతల దర్పణం చేత అడ్డగింపబడి పరావర్తనం చెందుతాయి. ఈ సమతల దర్పణం కిరణాలను, పుటాకార దర్పణ ప్రధానాక్షానికి లంబంగా అమర్చిన అక్షి కటకం వైపుకు విచలనం చెందించుట వలన అక్షి కటకం ముందు ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. నక్షత్రం యొక్క పెద్దదైన, మిథ్యాప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచి దానిని కన్ను స్పష్టంగా చూడగలిగేలా చేయటమే అక్షికటకం పని.



పటం 23.8: న్యూటోనియన్ పరావర్తనకారి

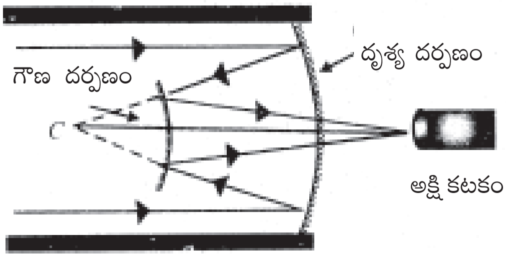
పుటాకారదర్పణ నాభ్యంతరం f_0, అక్షికటక నాభ్యంతరం f_e అయితే, పరావర్తన దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = \frac{f_0}{f_e}$$

వస్తు కటక వ్యాసం D, కంటి పాప వ్యాసం d అయితే ద్యుతి నిష్పత్తి

$$B = \frac{D^2}{d^2}$$

వేరొక రకమైన పరావర్తన దూరదర్శిని పటం 23.9 లో చూపించారు. దీనిని కెసెగ్రెయిన్(cassegrain) రూపొందించారు. దీని లోని అక్షి కటకం మధ్యలో చిన్న ద్వారం ఉంటుంది. దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం నుండి వచ్చే కాంతి కిరణాలు పుటాకార దర్పణాన్ని తాకిన తరువాత A_2 ద్వారా అడ్డగింపబడి అక్షికటకం గుండా తుది ప్రతిబింబాన్ని చూడవచ్చు.



పటం 23.9: కెసెగ్రెయిన్ పరావర్తనకారి

పరావర్తన దూరదర్శిని, వక్రీభవన దూరదర్శిని కన్నా ఎన్నో లాభాలను కలిగి ఉంది.

- పరావర్తన దూరదర్శినిలో వస్తు కటకం స్థానంలో దర్పణం ఉంటుంది. కనుక వర్ణవిపథనం ఉండదు. దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం నుండి విభిన్న రంగుల కిరణాలు వస్తు దర్పణం పై పడి ఒకే బిందువు వద్ద కేంద్రీకృతమవుతాయి.
- గోళాకార దర్పణాలు పరావలయాత్మక దర్పణాలు కనుక గోళీయ విపథనం ఉండదు. అవి చాలా నిశితమైన, స్పష్టమైన ప్రతిబింబాన్నేర్పరుస్తాయి.
- పరావర్తన దూరదర్శిని ఎక్కువ కంత పరిమాణం, ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించే సామర్థ్యం కలిగి ఉన్నందున దీని ద్వారా తక్కువ మంద (faint) నక్షత్రమును కూడా చూడవచ్చు. ప్రతిబింబ ద్యుతి, వస్తుకటక వైశాల్యానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

$$B \alpha \frac{\pi D^2}{4}$$

D దూరదర్శిని వస్తుదర్పణం వ్యాసం, d కంటి పాప వ్యాసమయితే, దూరదర్శిని ద్యుతి B ని, దూరదర్శిని ప్రోగు చేసిన కాంతికి, ఏ పరికరం సహాయం లేని కన్ను ప్రోగు చేసిన కాంతికి మధ్య గల నిష్పత్తి గా నిర్వచించవచ్చు.

$$B = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi d^2 / 4} = \frac{D^2}{d^2}$$

- పరావర్తన దూరదర్శినులలో కాంతి శోషణం చాలా తక్కువ.

- పరావర్తన దూరదర్శినిలో ఉండే ఎక్కువ పరిమాణం గల కంత వల్ల, దూరంగా ఉన్న నక్షత్రాలలోని సూక్ష్మమైన వివరాలను కూడా చూడగలిగేలా చేస్తుంది. ఆకాశంలో లోతుగా పరిశోధన చేయడానికి కూడా ఉపయోగపడుతుంది. అందువల్లనే ఇటీవలి సంవత్సరాలలో ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞులు కొత్త నక్షత్రాలను, నక్షత్ర వ్యవస్థలను కనుగొన్నారు. ఈ వివరాల కొరకు సైన్సు పత్రికలను, దిన పత్రికలను చూడండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.2

1. ఈ కింది కటకాల యొక్క నాభ్యంతరం మార్చినపుడు దూరదర్శిని ఆవర్ధనం ఏవిధంగా ప్రభావితమవుతుంది.
   (a) వస్తు కటకం (b) అక్షి కటకం

   ....

2. దూరదర్శిని వస్తు కటకం నాభ్యంతరం 50 సెం.మీ. అక్షి కటకం నాభ్యంతరం 2 సెం.మీ. ఆవర్ధనం ఎంత ?

   ....

3. వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినుల మధ్య తేడాలను తెల్పండి.

   ....

4. సహజ సర్దుబాటు అంటే ఏమిటి ?

   ....

5. దూరదర్శినిని తలక్రిందులుగా చేస్తే అది సూక్ష్మదర్శిని గా పని చేస్తుందా?

   ....

23.3 పృథక్కరణ సామర్థ్యం - ర్యాలీ గురుతు

బిందు రూప జనక స్థానం యొక్క ప్రతిబింబం బిందు రూపంలో ఉండక నిర్దిష్ట పరిమాణంతో చుట్టూ వివర్తన వ్యూహాన్ని కలిగి ఉండడం మీరు ఇంతకుముందు పాఠాల్లో చూశారు. ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు బిందురూప జనక స్థానాలు ఏర్పరచిన వివర్తన వ్యూహాలు అతిపాతం చెందటం వలన ఏ పరికరం సహాయం లేని కంటితో వాటిని విడివిడిగా చూడలేము. ఒక దృక్‌సాధనం ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను పృథక్కరణ (వేరుచేసి) చేసి చూపించగలిగే సామర్థ్యాన్ని ఆ దృక్ సాధనం పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. ఇటువంటి వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వేరువేరుగా చూడాలంటే, ఒక వస్తువు వివర్తన వ్యూహం లోని కేంద్రీయ గరిష్టం రెండవ వస్తువు వివర్తన వ్యూహం లోని మొదటి కనిష్టం మీద పడితే ఆ రెండు ప్రతిబింబాలు పృథక్కరణం చెందుతాయి. దీనిని ర్యాలీగురుతు (Rayleigh Criterion) అంటారు.

రెండు వస్తువులను విడివిడిగా చూడటానికి, కంటిపాప వ్యాసం 2 మీ.మీ. ఉండి, ఆ రెండు వస్తువులు కంటి వద్ద చేసే కోణం 1 నిమిషం చాపానికి సమానంగా ఉంటే ఆ రెండు వస్తువులను స్పష్టంగా, విడివిడిగా చూడవచ్చు. **ఈ కోణం విలోమాన్ని కంటి పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు**. సాధారణ దృక్సాధనాల పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని గణిద్దాం. దూరదర్శినితో మన చర్చను ప్రారంభిద్దాం.

23.3.1 దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం (Resolving Power of a Telescope)

పటం 23.10 : ర్యాలీపృథక్కరణ గురుతు (a) కోణీయ వేర్పాటు θ కన్నా తక్కువయితే రెండు బిందువులు, ఒక బిందువుగా కనిపించుట (b) కోణీయవేర్పాటు θ కన్నా ఎక్కువయితే రెండు బిందువులు స్పష్టంగా కనబడటం.

ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వేరువేరుగా చూపించగలిగే సామర్థ్యాన్ని దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను దూరదర్శిని సరైన విధంగా వేరుచేసి చూపించినపుడు, ఆ రెండు వస్తువులు దూరదర్శిని వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం పరంగా దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యంను గణించవచ్చు. ఈ కోణాన్ని **పృథక్కరణ అవధి** అంటారు. పై రెండు సుస్పష్ట వస్తువులు చేసే కోణం ఈ కోణం కన్నా తక్కువైతే ఆ ప్రతిబింబాలు దూరదర్శిని చేత పృథక్కరణం చెందించబడవు. ఈ కోణం విలువ ఎంత తక్కువైతే దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంత ఎక్కువ. పృథక్కరణ అవధి విలోమం పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్నిస్తుంది.

కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం λ, దూరదర్శిని వస్తు కటకం వ్యాసం D, వస్తు కటకం వద్ద బిందురూప వస్తువు చేసే కోణం θ, అయితే దూరదర్శిని పృథక్కరణ అవధి (ర్యాలీ గురుతు) (Rayleighs criterion)

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

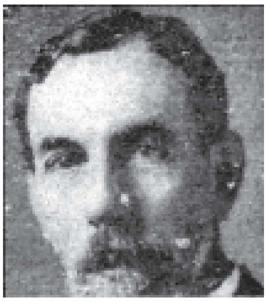
అపుడు దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం

$$(\text{పృ.సా})_{\text{దూ.ద}}\ \frac{1}{\theta} = \frac{D}{1.22\lambda} \qquad \ldots(23.15)$$

ఎక్కువ పృథక్కరణ సామర్థ్యం ను పొందటానికి, దూరదర్శినిలో ఎక్కువ కంత కలిగిన వస్తు కటకాన్ని ఉపయోగించాలి లేదా తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం కలిగిన కాంతినైనా ఉపయోగించాలి అని పై సమీకరణం నుండి తెలుస్తుంది.

లార్డ్ ర్యాలీ

(1842–1919)



జాన్ స్ట్రట్ ర్యాలీ ఎసెక్స్ దేశం, ఇంగ్లాండ్ లోని టెర్లింగ్ ప్లేస్, విధామ్ లో రెండవ బారెన్ ర్యాలీకు జన్మించాడు. చిన్నతనంలో అతని ఆరోగ్య పరిస్థితి అంతంత మాత్రమే. దీని వల్ల అతని విద్యాభాసం సరిగ్గా సాగలేదు ఎడ్వర్డ్ రాత్, స్టోక్స్ లు అతని ఉపాధ్యాయులు కావడం ర్యాలీ అదృష్టం. దాని ఫలితంగా అతను 1865 లో సీనియర్ రాంగ్లర్ గా ట్రైపాస్ పరీక్ష పాసై, స్మిత్ బహుమతి అందుకొన్న మొట్టమొదటి వ్యక్తి అయ్యాడు.

ఆర్గాన్ ను కనుగొనడమే కాకుండా (దీనికి అతనికి 1904 లో నోబుల్ బహుమతి వచ్చింది) ద్రవగతి శాస్త్రం, ఉష్ణగతిక శాస్త్రం, దృశాశాస్త్రం, గణితశాస్త్రం లో ఇతను ఎనలేని కృషి చేశాడు. ఇతని తరంగచలన సిద్ధాంతం ప్రకారం స్థితిస్థాపక తరంగాలను తలం మార్గదర్శనం చేస్తుందన్న విషయం భూకంప విజ్ఞానం (Seismology), ఎలక్ట్రానిక్ సంకేత సంపాదనం (Electronic signal processing) లలోని పరిశోదకులకు చక్కని బాట వేసింది. తరువాత అతను మనోవిజ్ఞాన శాస్త్ర పరిశోధనలో ఆసక్తి కనబరిచాడు. ల్యూనార్ ఫ్యీచర్ క్రేటర్ ర్యాలీ, మార్స్ మీద ప్లానెటరీ ఫ్యీచర్ క్రేటర్ ర్యాలీలు అతని కృషికి నివాళి.

ఉదాహరణ 24.4 : 3 సెం.మీ. కంత పరిమాణం గల దూరదర్శినిని, 2 మీ.మీ. అంతరం కలిగిన వైర్‌మెష్ బిగింపబడి 80 మీ. దూరంలో ఉన్న కిటికి వైపుకు కేంద్రీకరించారు. ఆ దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పరిశీలించగలదా? సరాసరి తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 5.5\times10^{-7}$ m

సాధన : $\lambda = 5.5\times10^{-7}$ m , D = 3సెం.మీ.= 3×10^{-2} మీ.

పృథక్కరణ సామర్థ్యం $\theta = \dfrac{1.22\lambda}{D}$

$$= \frac{1.22\times5.5\times10^{-7}\,m}{3\times10^{-2}\,m}$$

$$= 2.236\times10^{-5}\ \text{radian}$$

వైర్‌మెష్, వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం θ, పృథక్కర అవధికి సమానం లేదా ఎక్కువైతే దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పృథక్కరణం చెందించగలదు. వైర్‌మెష్, వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం

$$\alpha = \frac{\text{వైర్‌మెష్ అంతరం}}{\text{వస్తు కటకం నుండి వైర్‌మెష్ దూరం}}$$

$$= \frac{2mm}{80m}$$

$$=\frac{2\times10^{-3}\,\mathrm{m}}{80\mathrm{m}}=2.5\times10^{-5}\,\mathrm{redian}$$

ఈ కోణం 2.5×10^{-5} రేడియన్ పృథక్కరణ అవధి (2.236×10^{-5} రేడియన్) కన్నా ఎక్కువ కనుక దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పరిశీలించగలదు.

23.3.2 సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం :

ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను విడివిడిగా ఏర్పరచగలిగే సామర్థ్యాన్ని సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. సూక్ష్మదర్శిని రెండు వస్తువులను విడివిడిగా చూపించినపుడు ఆ రెండు వస్తువుల మధ్య ఉండే అతి స్వల్ప రేఖీయ అంతరం పరంగా ఆ సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోవచ్చు. రెండు వస్తువుల మధ్య ఉండే ఈ అతి స్వల్ప రేఖీయ అంతరాన్ని **సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి** అంటారు.

రేఖీయ అంతరం ఎంత తక్కువ ఉంటే సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. **పృథక్కరణ అవధి విలోమం సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని ఇస్తుంది.**

వస్తువును ప్రకాశింపచేసిన కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యం λ, బిందురూప వస్తువు నుండి వెలువడి కంటి వద్దకు చేరే కాంతి శంఖం యొక్క సగం కోణం θ, వస్తువుకు, వస్తు కటకానికి మధ్య గల యానకం వక్రీభవన గుణకం n అయితే, సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి.

$$d=\frac{\lambda}{2n\sin\theta} \qquad \ldots(23.16)$$

సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం

$$(\text{పృ.సా})_{\text{సూ.ద}} = \frac{2n\sin\theta}{\lambda} \qquad \ldots(23.17)$$

పైసమాసంలో $2n\sin\theta$ ను సంఖ్యాత్మక కంత (Numerical Aperture) అంటారు. ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న అత్యంత ఎక్కువ N.A. విలువ 1.6, ఇది మన కంటికి 0.004

సంఖ్యాత్మక కంత (N.A.) పరిమాణంను పెంచడం లేదా వస్తువును ప్రకాశింపచేసే తరంగదైర్ఘ్యం λ విలువను తగ్గించడం ద్వారా సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యంను పెంచవచ్చునని పై సమీ (23.17) నుండి తెలుస్తుంది. అందువల్లనే అతినీలలోహిత సూక్ష్మదర్శిని, ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని లు ఎక్కువ పృథక్కరణ సామర్థ్యంను కలిగి ఉంటాయి.

ఖగోళ శాస్త్రంలో అనువర్తనాలు

నక్షత్రాలు, గ్రహాలు మరియు ఇతర ఖగోళ వస్తువులను పరిశీలించడానికి ఖగోళ (లేదా దృశా) దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తారు. ఎక్కువ పృథక్కరణ సామర్థ్యం కొరకు, ఎక్కువ కంత కలిగిన వస్తు కటకంతో దూరదర్శినిని తయారుచేస్తారు. అంత పెద్ద కటకాలను తయారు చెయ్యడం, అమర్చడం కూడ కష్టమే. అందువల్ల చాలా వరకు దూరదర్శినులలో కటకాలకు బదులు పరావర్తన దర్పణాలను ఉపయోగిస్తారు. సమాన దృశా నాణ్యతను కలిగిన కటకాలతో దర్పణాలను పోల్చిన అవి తక్కువ ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉంటాయి. కనుక వీటిని అమర్చుట కూడా సులభం.

భూమి మీద ఉండే ఖగోళ దూరదర్శినిను లలో ప్రతిబింబం స్పష్టంగా ఉండదు. అంతే కాక అతినీలలోహిత కిరణాలు, X–కిరణాలు, గామా–కిరణాలు భూ ఉపరితలం లో శోషింపబడతాయి. అందువల్ల వాటిని భూమి మీద ఉండే దూరదర్శినులను ఉపయోగించి అధ్యయనం చేయలేము. ఖగోళ వస్తువుల నుండి వచ్చే కిరణాల అధ్యయనానికి భూ వాతావరణం పైన ఉపగ్రహాలలో దూరదర్శినులను అమర్చుతారు. ఇటువంటి దూరదర్శినికి ఉదాహరణ NASA హబుల్ అంతరాళ దూరదర్శిని. చంద్ర X–కిరణ పరిశీలన, కాంప్టన్ X–కిరణ పరిశీలన, పరారుణ దూరదర్శిని లను ఇటీవల ఆకాశంలో అమర్చారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.3

1. దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని ఏవిధంగా మెరుగుపరచవచ్చు.

   ....

2. కంతి పృథక్కరణ అవధి, పృథక్కరణ సామర్థ్యానికి మధ్యగల సంబంధమేమిటి ?

   ....

3. వస్తువును ప్రకాశింపచేసే కాంతి తరంగదైర్ఘ్యాన్ని పెంచినపుడు, సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి మీద దీని ప్రభావమేమిటి?

   ....

4. దూరదర్శిని లోని వస్తు కటకం ఎక్కువ వ్యాసం తో తయారైనదై, తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతి ఉపయోగిస్తే, పృథక్కరణ సామర్థ్యం ఏవిధంగా మారుతుంది.

   ....

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణాన్ని చాక్షుస కోణం (visual angle) అంటారు.
- ప్రతిబింబం, వస్తువు సమీప బిందువు వద్ద ఉన్నపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు.
- ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని రేఖీయ ఆవర్ధనం అంటారు.
- సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = 1 + \frac{D}{f}$, ఇక్కడ D స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం, f కటక నాభ్యంతరం.
- సరళ సూక్ష్మదర్శినిలా కాకుండ సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో రెండు అంచెలలో ఆవర్ధనం జరుగుతుంది. తక్కువ నాభ్యంతరం గల రెండు కటకాలు వస్తుకటకం గా, అక్షికటకంగా ఉంటాయి. వస్తుకటకం నాభ్యంతరం, అక్షికటక నాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ.
- సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = m_0 \times m_e$$

కాని $$m_e = 1 + \frac{D}{f}$$

$$M = \frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{D}{f_0}\right)$$

ఇక్కడ v_0 వస్తుకటకం, ప్రతిబింబం ల మధ్య దూరం, u_0 వస్తు కటకం నుండి వస్తు దూరం, D స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం (=25 సెం.మీ.), f_e అక్షి కటకం నాభ్యంతరం.

- కంటి వద్ద చాలా తక్కువ చాక్షుస కోణాన్ని చేసే దూరంగా ఉన్న వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తారు. దూరదర్శినిని ఉపయోగించి చాక్షుస కోణాన్ని పెంచవచ్చు. దూరంగా ఉన్న వస్తువులు కంటికి దగ్గరగా ఉన్నట్టు కనిపించడం వల్ల వాటిని సులభంగా చూడవచ్చు.
- రెండు రకాల దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తున్నారు.

(i) వక్రీభవన (ii) పరావర్తన

- వక్రీభవన దూరదర్శిని వస్తు కటకం అభిసారి కటకం. కాని పరావర్తన దూరదర్శిని లో వస్తుకటకంగా ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల గోళాకార దర్పణాన్ని ఉపయోగిస్తారు. పరావర్తన దూరదర్శినులు, వక్రీభవన దూరదర్శినుల కన్నా ఎన్నో లాభాలను కలిగి ఉన్నాయి.
- దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = \frac{f_0}{f_e}$$

ఇక్కడ f_0 వస్తు కటక నాభ్యంతరం, f_e అక్షికటక నాభ్యంతరం.

ముగింపు అభ్యాసం

1. సరళ, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినుల మధ్య భేదమేమిటి ?

   సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనానికి సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.
2. వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినుల మధ్య తేడాలను తెల్పండి. న్యూటన్ దూరదర్శిని కి కిరణ పటాన్ని గీయండి.
3. వక్రీభవన దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యానికి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.
4. స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరమంటే ఏమిటి ? సాధారణ కంటికి దీని విలువ ఎంత ?
5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబాన్ని ఫోటోగ్రాఫ్ తీయవచ్చునా ? మీ సమాధానాన్ని వివరించండి.
6. దృక్ సాధనం యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని నిర్వచించండి. సాధారణ కంటికి పృథక్కరణ అవధి విలువ ఎంత?
7. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని మరియు భూగోళ దూరదర్శిని రూపకల్పనలో ముఖ్యమైన భేదాలు ఏమిటి.
8. దూరదర్శిని అక్షి కటక నాభ్యంతరం 10 సెం.మీ. వస్తు కటకం, అక్షికటకం ల మధ్య దూరం 2.1 మీ. దూరదర్శిని కోణీయ వృద్ధీకరణం ఎంత ?
9. 4 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల సూక్ష్మదర్శిని వస్తుకటకం రెండవ నాభి నుండి 18 సెం.మీ. దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడింది. అక్షికటక నాభ్యంతరం 3.125 సెం.మీ. సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనం ఎంత ?
10. ఒక దూరదర్శిని వస్తు కటక వ్యాసం రెండవ దూరదర్శిని కన్నా మూడు రెట్లు ఎక్కువ. రెండవ దాని కన్నా మొదటి దూరదర్శిని ఎంత ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించ గలుగుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

23.1

1. సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబం, మిథ్యా, నిటారు, పెద్దదైనది. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబం, నిజ, తలక్రిందులు, పెద్దదైనది.

2. సమీప దూరంలో ఉంచిన వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని ఆవర్ధనం అంటారు.

3. $M = 11$, $m = 1 + \frac{D}{f}$, D = 25 సెం.మీ. పెడితే f = 2.5 సెం.మీ. వస్తుంది.

4. 4 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల కటకాన్ని ఎంచుకుంటే ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువ ఉంటుంది. $m = \frac{f_0}{f_e}$ కనుక

5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = \frac{-L}{f_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$, f_0 మరియు f_e విలువలు తక్కువైతే M విలువ ఎక్కువ ఉంటుంది.

23.2

1 (ఎ) ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల వస్తు కటకం, దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని పెంచుతుంది.

(బి) అక్షికటకం నాభ్యంతరం పెరిగితే ఆవర్ధనం తగ్గుతుంది.

2. ఆవర్ధనం $m = \frac{f_0}{f_e} = \frac{50cm}{2cm} = 25$

3. వక్రీభవన దూరదర్శిని లో ఉండే అభిసారి కటకానికి బదులు పరావర్తన దూరదర్శిని లో ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల గోళాకార దర్పణాన్ని వస్తు కటకంగా వాడతారు.

4. తుది ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడితే, ఆ దూరదర్శిని సహజ సర్దుబాటు లో ఉంది అంటారు.

5. లేదు.

23.3

1. ఎక్కువ కంత కలిగిన కటకాన్ని తీసుకోవడం ద్వారా లేదా తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం గల కాంతి నుపయోగించడం ద్వారా
2. కన్ను పృథక్కరణ అవధి, దాని పృథక్కరణ సామర్థ్యానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. పృథక్కర అవధి కూడా పెరుగుతుంది.
3. దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం పృ.సా = $\frac{D}{1.22\lambda}$ అది పెరుగుతుంది.

ముగింపు అభ్యాసం లోని లెక్కలకు సమాధానాలు

8. 21
9. 400
10. 9 రెట్లు.

SENIOR SECONDARY COURSE

భౌతికశాస్త్రం

విద్యార్థి యొక్క అసైన్‌మెంట్ - 6

గరిష్ఠ మార్కులు : 50 **సమయం : $1^1/_2$ గంటలు**

సూచనలు

- అన్ని ప్రశ్నలకు సమాధానాలను జవాబు పత్రంలో రాయము.
- క్రింద ఇవ్వబడిన సమాచారాన్ని మీ సమాధాన పత్రంలో ఇవ్వండి.
  - పేరు
  - ఎన్‌రోల్‌మెంట్ సంఖ్య
  - సబ్జక్ట్
  - అసైన్‌మెంట్ సంఖ్య
  - చిరునామా

- అభ్యాసాన్ని మీ అధ్యాపకునితో మూల్యాంకనం గావించుకొన్నచో, మీకు విషయం ఎంత వరకు బోధపడిందో తెలుస్తుంది.

మీ అసైన్‌మెంట్ పత్రాలను APOSS కు పంపకూడదు.

1. పుటాకార దర్పణం వక్రతా వ్యాసార్ధం 30 cm దాని నాభ్యంతరం ఎంత ? (1)
2. గాజు వక్రీభవన గుణకం 1.5. గాజులో కాంతి వేగమెంత ? (1)
3. 25 cm నాభ్యంతరం గల పుటాకార కటకం సామర్థ్యంను డయాప్టర్‌లలో కనుక్కోండి.
4. తరంగం ఒక యానకం నుండి మరొక యానకంలోకి ప్రయాణించునపుడు, దాని అభిలక్షణాలైన కంపనపరిమితి, తరంగదైర్ఘ్యం, వేగం, పౌనఃపున్యంలలో ఏది ప్రభావితం కాదు.
5. పట్టకం గుండా ప్రయాణించినపుడు ఎరుపు, నీలం రంగులలో ఏ రంగు ఎక్కువగా కోణీయ విచలనం చెందుతుంది.
6. కటకం ముందు R దూరంలో ఒక వస్తువునుంచినపుడు అంతే పరిమాణం గల తలక్రిందులైన ప్రతిబింబం కటకానికి మరొక వైపున ఏర్పడింది. ఆకటకం కుంభాకార లేక పుటాకార కటకమా ?
7. దూరదర్శిని వస్తుకటకం నాభ్యంతరం f_0, అక్షికటకం నాభ్యంతరం f_e. దూరదర్శిని సహజ సర్దుబాటులో ఉన్నప్పుడు దూరదర్శిని గొట్టం పొడవు ఎంత ? (1)

8. ఆకాశం నీలంగా ఉండటానికి కారణమైన దృశ్య దృగ్విషయాన్ని తెల్పండి? చంద్రుడి మీద కూడా ఆకాశం నీలంగా కనబడుతుందా?

9. సంపూర్ణ పరావర్తక పట్టకం కాంతికిరణాన్ని (i) 90^0 (ii) 180^0 త్రిప్పడాన్ని పటం గీసి చూపించండి. (2)

10. సమాన వక్రతా వ్యాసార్థాలు గల ద్వికుంభాకార కటకం పదార్థ వక్రీభవన గుణకం 1.5, దాని నాభ్యంతరం 20cm అయిన, దాని తలాల వక్రతా వ్యాసార్థాలను కనుక్కోండి. (2)

11. గాలి, గాజు అంతరఫలకంలో విభాజక తలం వద్ద కాంతి కిరణం 30^0 పతనమైనపుడు పరావర్తన కాంతి 100% ధృవణం చెందింది. గాలి పరంగా గాజు వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

12. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ప్రతిబింబాన్నేర్పచే పటాన్ని గీసి భాగాలను గుర్తించండి. (2)

13. స్తూపాకార పాత్ర 20 cm లోతు కలిగి ఉంది. దాని అంచువరకు నీటితో $\left(\mu = \frac{4}{3}\right)$ నింపారు. దాని అడుగుభాగం ఎన్ని సెంటీమీటర్లు పైకి లేచినట్లు కనిపిస్తుంది. (4)

14. వ్యతికిరణం, వివర్తనంల మధ్య భేదాలను తెల్పండి.

15. కటకాలలో వర్ణవిపథనాన్ని వివరించండి ? ఈవిపథనాన్ని తగ్గించే ఒక పద్ధతిని వర్ణించండి. (4)

16. దృక్‌సాధనం పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటే ఏమిటి? రెండు దగ్గరగా ఉన్న వర్ణ పటరేఖల యొక్క రాలీగురుతు పృథక్కరణ అవధులను పటం ద్వారా వివరించండి.

(i) సూక్ష్మదర్శిని (ii) దూరదర్శినుల పృథక్కరణ సామర్థ్యంకు సూత్రంను రాయండి.

17. సమబాహు త్రిభుజానికి వక్రీభవన గుణకం $\mu = \frac{\sin(A+S)/2}{\sin A/2}$ అని చూపండి. ఇక్కడ S కనిష్ట విచలన కోణం.

18. తరంగాగ్ర వ్యాపనంకు హైగన్స్ సూత్రంను తెల్పండి. దూరంగా ఉన్న జనకం నుండి వచ్చే కాంతికిరణం పుటాకార కటకం మీద పతనమైనపుడు ఆ కాంతికి (i) పతన మరియు పరావర్తన తరంగాగ్రంలను గీయండి.

19. కుంభాకార కటకం బిందు రూపవస్తువుకు ప్రతిబింబాన్నేరచే పటాన్ని గీయండి. కటక తయారీదారు సూత్రంను ఉత్పాదించండి.

20. యంగ్‌జంట చీలికల ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి. ఏర్పడిన వ్యతికరణ వ్యూహంలో పట్టీ వెడల్పుకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.