3. తరంగ దృశాశాస్త్రం

ముఖ్య విషయాలు

* $b >> \sqrt{l\lambda}$ అనే నిబంధన జ్యామితీయ సూత్రాలను కాంతి ధర్మాల అధ్యయనానికి వాడే వీలుకలగచేస్తుంది. ఈ నిబంధన పాటింపబనప్పుడు కాంతి తరంగ స్వభావాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోవలసి ఉంటుంది.ఇందు l = వస్తువు మరియు తెరల మధ్య దూరం b = వుస్తువు పరిమాణం, λ = కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యం

* సంబద్ధ కాంతి తరంగశ్రేణులు అధ్యారోపణం చెంది కాంతి శక్తి పునర్వితరణ చెందడాన్ని వ్యతికరణం అంటారు.

* రెండు తరంగాలు వ్యతికరణం చెందాలంటే అవి సంబద్ధమైన, ఏకవర్ణ కాంతి జనకాల నుండి ఉద్గారం చెందాలి. కాంతి జనకాలు ఉద్గారం చేసే తరంగాలను స్థిర దశాభేదం ఉన్నచో వాటిని సంబద్ధ జనకాలు అంటారు.

* యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగంలో తెర పై $I = 4I_0 \cos^2\frac{\phi}{2}$ సంబంధం ప్రకారం శక్తి వితరణ జరుగుతుంది.

I_0 వైయక్తిక తరంగం వల్ల తీవ్రత. వ్యతికరణ తరంగాల మధ్య దశాభేదం.

$\frac{\phi}{2} = m\pi$ గరిష్ఠ తీవ్రత $(m = 0,1,2,3....)$

$\frac{\phi}{2} = \left(m+\frac{1}{2}\right)\pi$ కనిష్ఠ తీవ్రతలు ఉంటాయి.

శక్తిపునర్వితరణ శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం జరుగుతుంది.

* రెండు వరస ద్యుతిమయ లేదా ద్యుతిహీన పట్టీల మధ్య అంతరం $\frac{\lambda L}{d}$ ఉంటుంది. λ తరంగదైర్ఘ్యం, L చీలికలు, తెరల మధ్యదూరం మరియు ఖ చీలికల మధ్య దూరం.

* వ్యతికరణం ద్వారా విలువలలో అత్యంత దగ్గరగా ఉన్న వర్ణపటరేఖల తరంగ దైర్ఘ్యాలనూ, పారదర్శక పదార్థమందాన్నీ, ద్రవాల, వాయువుల వక్రీభవన గుణకాలను, తలాల నునుపుదనాలను తెలుసుకోవచ్చు.

* సరళరేఖా మార్గం నుండి కాంతి కిరణపుంజం గుర్తించదగ్గ విచలనం చెందేవరకు ప్రయాణించే కనిష్ఠ దూరాన్ని ఫ్రెనెల్ దూరం అందురు.

* ఫ్రెనెల్ దూరం $(Z_F) = \frac{a^2}{\lambda}$; a = ద్వారం యొక్క మందం; λ =తరంగదైర్ఘ్యం

* అతి సన్నని ద్వారములు లేదా పలుచని అంచుల వద్ద కాంతి తరంగాలు వంగి ప్రయాణించడాన్ని వివర్తనం అంటారు. (లేదా) కాంతికిరణములు వస్తువుల జ్యామితీయ నీడలలోనికి పోవడాన్ని వివర్తనం అంటారు.

* వివర్తనం రెండు పద్ధతులు. (1) ఫ్రాన్‌హోఫర్ పద్ధతి. (2) ఫ్రెనల్ పద్ధతి.

* కాంతి తిర్యక్ తరంగాలనే నిజాన్ని ధ్రువణము నిర్ధారణ చేస్తుంది. కాంతి తరంగంలోని విద్యుక్షేత్ర సదిశ అంతరాళంలో ఏదో ఒక తలానికి మాత్రమే బద్ధమైతే ఆ తరంగం (ఆతలంలో) సమతల ధ్రువణం చెందిందని అంటారు.

సాధారణ కాంతి అధ్రువిత కాంతి అంతరాళంలో అన్ని సాధ్యమైన తలాలలోనూ విద్యుక్షేత్ర సదిశ కంపనాలు చేస్తుంది.

* అధృవిత కాంతిని పరస్పరం లంబదిశలో గల రెండు అసంబద్ధ ధృవిత కాంతుల కలయికగా భావించవచ్చును.

* ధృవణములో విద్యుత్ సదిశ $\vec{E}$ కంపించే తలాన్ని కంపనతలం అంటారు.

* విద్యుత్ సదిశ $\vec{E}$ కంపనతలానికి లంబంగా గల తలాన్ని ధృవణతలం అంటారు. ధృవణ తలములో ఏ విధమైన విద్యుత్ సదిశ $\vec{E}$ ల కంపనాలు ఉండవు.

* ఫలిత తీవ్రత $I_{\text{ఫలిత}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\theta$ (లేదా)

$I_{\text{ఫలిత}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$

www.sakshieducation.com

* ఒక నిర్దిష్ట పతనకోణం i_p తో ఒక పారదర్శక పదార్థతలం పై సాధారణ కాంతి పుంజాన్ని పతనం చేసి ధ్రువిత కాంతిని పొందవచ్చు. పరావర్తనం చెందిన కాంతి పుంజం సంపూర్ణంగా (పతనతలంలో) ధ్రువణం చెంది ఉంటుంది. కోణం i_p ని ధ్రువణ కోణం (బ్రూస్టర్ కోణం) అని అంటారు.

బ్రూస్టర్ కోణం యొక్క టాంజెంట్ విలువ పారదర్శక పదార్థ వక్రీభవన గుణకానికి సమానం $\mu = \tan i_p$ ఇదే బ్రూస్టర్ సూత్రం .

* కొంత తీవ్రత గల కాంతి ధ్రువణకారి ద్వారా ప్రయాణించినప్పుడు బహిర్గామి కాంతి పుంజం తీవ్రత తొలి తీవ్రతకు 1/2 వంతుకు తగ్గుతుంది. రెండు వరస ధ్రువణకారుల ద్వారా కాంతి ప్రయాణిస్తే బహిర్గతమయ్యే కాంతి తీవ్రత $I = I_1 \cos^2\theta$ అవుతుంది. I_1 రెండవ ధ్రువణకారి పై పతనం చెందే కాంతి తీవ్రత, θ ఆ ధ్రువణకారుల మధ్య ధ్రువణ దిశల మధ్యకోణం, ఇక్కడ $I_1 = I_0/2$ అవుతుంది.

* టార్మలిన్ స్పటికాన్ని ఒక నిర్ధిష్ఠ అక్షానికి సమాంతరంగా కోసి దాని గుండా సాధారణ కాంతిని పంపి ధృవిత కాంతిని పొందవచ్చును. ఈ సందర్బంలో టార్మలిన్ స్పటికాన్ని 'ధృవణ కారి' అంటారు. ఇటువంటి టార్మలిన్ స్పటికాన్ని ధృవిత కాంతిని నిర్ధారించే 'విశ్లేషకం' గా కూడా వాడతారు.

అతిస్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఫ్రెనెల్ దూరం ఏమిటి?

జ: సరళరేఖా మార్గం నుండి కాంతి కిరణపుంజం గుర్తించదగ్గ విచలనం చెందేవరకు ప్రయాణించే కనిష్ఠ దూరాన్ని ఫ్రెనెల్ దూరం అందురు.

ఫ్రెనెల్ దూరం $(Z_F) = \dfrac{a^2}{\lambda}$; $a =$ ద్వారం యొక్క మందం; $\lambda =$ తరంగదైర్ఘ్యం

2. కిరణ దృశాశాస్త్రం చెల్లుబాటుకు సమర్థనను ఇవ్వండి.

జ: కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యముతో (λ) పోల్చితే వస్తువుల పరిమాణాలుచాలా పెద్దవైనపుడు కాంతి తరంగ స్వభావం లెక్కలోనికి తీసుకోరు. ఈ సందర్భ్యంలో కాంతి రుజుమార్గంలో కిరణ రూపంలో ప్రయాణిస్తుందని భావించి రేఖీయ గణిత నియమాలు వర్తింపచేస్తారు.

ఫ్రెనెల్ సిద్దాంతం ప్రకారం ఫ్రెనెల్ దూరము $z_F = a^2/\lambda$ విలువ అవరోధ పరిమాణం కన్న ఎక్కువైనపుడు కాంతికి కిరణధర్మాలు వర్తింపచేస్తారు.

$z_F \le a$ ఐతే కాంతికి తరంగ ధర్మాలు వర్తింపచేస్తారు.

3. కాంతి ధృవణం అంటే ఏమిటి?

జ: కాంతి తరంగం యొక్క విద్యుత్క్షేత్ర తిర్యక్ సదిశ, ఒకే తలానికి పరిమితం చేయు దృగ్విషయాన్ని ధ్రువణం అంటారు.

4. మాలస్ నియమం అంటే ఏమిటి?

జ: విశ్లేషణకారి గుండా పోయే ప్రసార ధ్రువిత కాంతి యొక్క తీవ్రత, విశ్లేషణకారి మరియు ధ్రువణకారి మధ్య గల కొసైన్ వర్గానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

$I \propto \cos^2\theta;\ I = I_0 \cos^2\theta$.

5. ఒక పరావర్తక తలం మీద పతనమైన ఏకవర్ణ కాంతి పుంజం ఎప్పుడు పూర్తిగా ప్రసారితం అవుతుంది?

జ: లేసర్ జనకం నుండి ఉద్గారమైన కాంతిని ధ్రువణకారి గుండా పంపి, పరావర్తిత తలం పై బ్రూస్టర్ కోణం తో పతనమైనప్పుడు ధ్రువణకారిని యొక్క ఒక నిర్ధిష్ట అమరిక వద్ద పతనకాంతి పూర్తిగా ప్రసారమవుతుంది.

www.sakshieducation.com

<u>స్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు</u>

1. **కాంతిలో డాప్లర్ ప్రభావాన్ని వివరించండి. అరుణ విస్థాపనం, నీలివిస్థాపనాల మధ్య బేదాన్ని గుర్తించండి.**

జ: **కాంతిలో డాప్లర్ ప్రభావం:**

కాంతి జనకము మరియు పరిశీలకుడు మధ్య సాపేక్ష సాపేక్షచలనంలో ఉన్నప్పుడు, కాంతి పౌనఃపున్యములో ఏర్పడు దృశ్య మార్పును డాప్లర్ ప్రభావం అందురు.

పరిశీలకుడు మరియు కాంతి జనకం మధ్యదూరం తక్కువైతే కాంతి యొక్క దృశ్య పౌనఃపున్యం పెరుగును మరియు పరిశీలకుడు, కాంతి జనకం మధ్యదూరం పెరిగిన, కాంతి యొక్క దృశ్యపౌనఃపున్యము తగ్గను.

డాప్లర్ విస్తాపనం, $\frac{\Delta v}{v} = \frac{-v_{\text{సాపేక్ష}}}{c}$

అరుణ విస్తాపనం:

వర్ణపటంలోని దృగ్గోచర ప్రాంతం యొక్క మధ్యభాగం దృశ్య తరంగదైర్ఘ్యం ఎరుపురంగు వైపు కదులును. దీనిని అరుణ విస్తాపనం అందురు.

నీలి విస్తాపనం:

జనకం నుండి వెలువడు తరంగాలు, పరిశీలకుడివైపు చలించినప్పుడు, దృశ్యతరంగదైర్ఘ్యము తగును. దీనినే నీలిస్తాపనం అందురు.

2. **సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం అంటే ఏమిటి? ఈదృగ్విషయాన్ని హైగెన్స్ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి వివరించండి.**

జ: **సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము :**

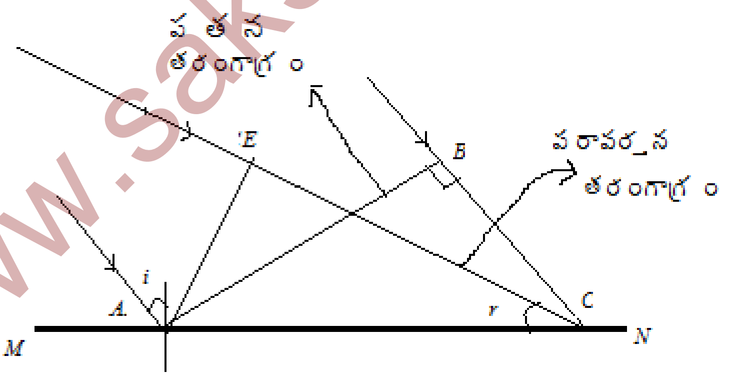
సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకంలోనికి కాంతి ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు పతన కోణము సందిగ్ధ కోణము కన్నా ఎక్కువ అయితే $(i > c)$, రెండు యానకాల మధ్యకాంతి కిరణము అదే యానకం లోనికి పరావర్తనం చెందును. ఈ ప్రక్రియను సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము అందురు.

సంపూర్ణాంతర పరావర్తనానికి నిబంధనలు :

1) కాంతి కిరణాలు సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకము లోనికి ప్రయాణించవలెను.

2) సాంద్రతర యానకములో పతన కోణము ఆ యానకాలకు సంబంధించిన సందిగ్ధ కోణము కన్నా ఎక్కువ ఉండవలెను.

హైగెన్ సూత్రం:



హైగెన్ నియమం ప్రకారం తరంగాగ్రం AB పై ఉన్న ప్రతిబిందువు. గౌణ తరంగాగ్రాలకు జనకంగా పని చేయును. తరంగాగ్రం B నుండి C కి ప్రయాణించుటకు పట్టుకాలం t అనుకొనుము. . అనగా దూరం $BC = \upsilon t$

పరావర్తన తరంగాగ్రాన్ని $\upsilon\tau$ వ్యాసార్థం గల గోళంగా A బిందువు నుండి గీయవలెను. C నుండి గోళము వరకు ఒక స్పర్శరేఖ CE ని గీయవలెను.

$AE = BC = \upsilon t$

EAC మరియు BAC లు ఒకే మాదిరి త్రిభుజాలు.

కావున పతన (i) మరియు పరావర్తన (r) కోణాలు సమానం. దీనిని పరావర్తన నియమం అందురు.

www.sakshieducation.com

3. **కాంతి వ్యతికరణం సంభవించే బిందువు వద్ద కాంతి తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి. గరిష్ఠ, శూన్య తీవ్రతల నిబంధనలను రాబట్టండి.**

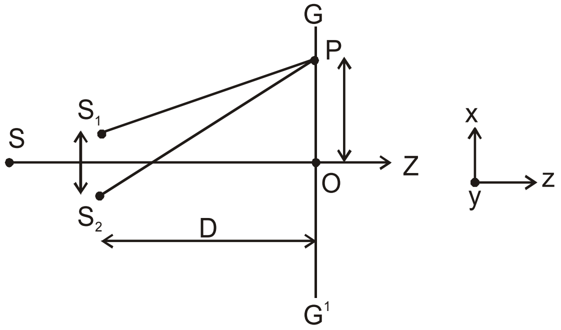
జ: ఏకవర్ణ కాంతి జనకము S నుండి λ తరంగదైర్ఘ్యము గల కాంతి వెలువడును. ఐ$_1$ మరియు ఐ$_2$ సంబద్ధ కాంతి జనకాలు. రెండు తరంగాల యొక్క కంపన పరిమితి 'a' అనుకొనుము. 't' కాలంలో తెర పై పరిశీలన బిందువు ఆ ను చేరే తరంగాల మధ్య దశాంతరము ϕ అనుకొనుము. రెండు తరంగాల స్థానభ్రంశాలు y_1 మరియు y_2 అనుకొనుము.

$$y_1 = a\sin\omega t \rightarrow (1)$$

$$y_2 = a\sin(\omega t + \phi) \rightarrow (2)$$

ఫలిత స్థానభ్రంశం $y = y_1 + y_2$

$$y = a\sin\omega t + a\sin(\omega t + \phi)$$



$$y = a\sin\omega t + a\sin\omega t\cos\phi + a\cos\omega t\sin\phi$$

$$y = a\sin\omega t[1+\cos\phi] + \cos\omega t(a\sin\phi) \rightarrow (3)$$

$$R\cos\theta = a(1+\cos\phi) \rightarrow (4)$$

$$R\sin\theta = a\sin\phi \rightarrow (5)$$

$$y = R\sin\omega t.\cos\theta + R\cos\omega t.\sin\theta$$

$$y = R\sin(\omega t + \theta) \rightarrow (6)$$

ఇందు R అనునది P వద్ద ఫలిత కంపన పరిమితి.

(4) మరియు (5) సమీకరణాల నుండి,

$$R^2[\cos^2\theta + \sin^2\theta] = a^2[1+\cos^2\phi + 2\cos\phi + \sin^2\phi]$$

$$R^2[1] = a^2[1+1+2\cos\phi]$$

$$I = R^2 = 2a^2[1+\cos\phi] = 2a^2 \times 2\cos^2\frac{\phi}{2}$$

$$I = 4a^2\cos^2\frac{\phi}{2} \rightarrow (7)$$

$i)$ **గరిష్ఠ తీవ్రత** ($I_{గరిష్ఠం}$)

$$\cos(\phi/2) = \pm 1$$

దశాంతరం $\phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi, ..., 2\pi$

$(\Delta x) = 0, \lambda, 2\lambda, ...n\lambda,$ ఇందు $n = 0,1,2,3,....$

$\therefore I_{గరిష్ఠం} = 4a^2$

$ii)$ **కనిష్ఠ తీవ్రత** ($I_{కనిష్ఠం}$)

www.sakshieducation.com

$$\cos^2\frac{\phi}{2}=0$$

దశాంతరము $\phi=(2n+1)\pi$

ఇందు $n=0,1,2,3.........$

$\phi=0,3\pi,5\pi,7\pi$

$I_{\text{కనిష్ఠం}}=0$

4. వ్యతికరణం, వివర్తనం దృగ్విషయాలకు శక్తినిత్యత్వ నియమం వర్తిస్తుందా? క్లుప్తంగా వివరించండి.

జ: వ్యతికరణం మరియు వివర్తన పట్టికలలో శక్తి పునర్విభజన జరుగును అనగా ద్యుతిహీన పట్టికలో కోల్పోయిన శక్తి ప్రక్కన భాగం పై అతిపాతం చెందటం వల్ల అక్కడ ద్యుతిమయ భాగం ఏర్పడును. శక్తి నష్టం జరగదు.

కావున వ్యతికరణ మరియు వివర్తన పట్టికలలో ద్యుతిమయ మరియు ద్యుతిహీన పట్టికలలో పతనకాంతి తరంగాల శక్తి పునర్విభజన జరిగింది. ఈ ప్రక్రియలో ఏ విధమైన శక్తి నష్టం గాని, శక్తి ఉత్పాదనగాని జరగదు. .శక్తిపునర్వితరణ శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం జరుగుతుంది.

5. మీ కన్ను పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని ఏ విధంగా నిర్ధారిస్తారు?

జ: కంటి పృథక్కరణ సామర్థ్యం:

సుమారు 5 మి.మీ. వెడల్పు గల నల్లని పట్టీలను పట్టీ మధ్య 0.5మి.మీ ఖాళీ ఉండే విధంగా రెండు నల్లని పట్టీలను గీయవలెను. తరువాత 1 మి.మీ. ఖాళీ పట్టీల మధ్య ఉండే విధంగా మరొక రెండు నల్లని పట్టీలు గీయవలెను.నల్లని పట్టీల మధ్య 1.5 మి.మీ. ఖాళీ ఉండే విధంగా మరొక రెండు నల్లని పట్టీలు గీయవలెను.ఈ విధంగా పట్టీల మధ్య ఖాళీని ప్రతి రెండు పట్టీలకు ఒకసారి పెంచుతూ వెలుగు, చీకటి పట్టీల వరుస తయారుచేసి గోడ మీద అంటించవలెను.

గోడ నుండి బాగా దూరంగా జరిగినపుడు మనకు గోడ మీద గల కాగితం మొత్తం ఒక నల్లని పట్టీవలె కనిపిస్తుంది. క్రమంగా గోడను సమీపించేటపుడు ఎక్కువ దూరం గల రెండు పట్టీలు మనకు విడివిడిగా కనిపించును.

ఈ స్థితిలో గోడ నుండి దూరము D మరియు నల్లని పట్టీల మధ్య దూరము $'d'$ లను కొలవవలెను.

కంటి పృథక్కర సామర్థ్యము = $\dfrac{d}{D}$

ఇంకా కొంచెం ముందుకు గోడవైపు జరిగితే మరొక రెండు చీకటి పట్టీలు విడిపోయి స్పష్టంగా విడివిడిగా కనిపించును. మరల చీకటి పట్టీల మధ్య ఖాళీ $'d'$ మరియు గోడ నుండి దూరము D లను కొలవండి. మరల కంటి పృథక్కరణ సామర్థ్యమును d/D ద్వారా లెక్కగట్టవచ్చు.

6. వ్యత్యస్థంగా ఉండే రెండు పోలరాయిడ్‌ల మధ్య ఇంకా పోలరాయిడ్ వలకను భ్రమణం చెందించినప్పుడు ప్రసారిత కాంతి తీవ్రతను చర్చించండి.

జ: మొదటి ధ్రువణకారి P_1 గుండా పోయిన తర్వాత ధ్రువిత కాంతి తీవ్రత I_0 అనుకొనుము. రెండవ ధ్రువణకారి P_2 గుండా పోయిన తర్వాత ధ్రువిత కాంతి తీవ్రత $I=I_0\cos^2\theta$.

θ అనునది P_1 మరియు P_2 ల అక్షాల మధ్యకోణం. P_1 మరియు P_2 లు లంబంగా ఉన్నప్పుడు P_2 మరియు P_3 మధ్య కోణం $\left(\dfrac{\pi}{2}-\theta\right)$.

కావున P_3 నుండి బహిర్గతమయ్యే కాంతి యొక్క తీవ్రత $I=I_0\cos^2\theta.\cos^2\left(\dfrac{\pi}{2}-\theta\right)=I_0\cos^2\theta.\sin^2\theta$

$$I=\frac{I_0}{4}\sin^2 2\theta$$

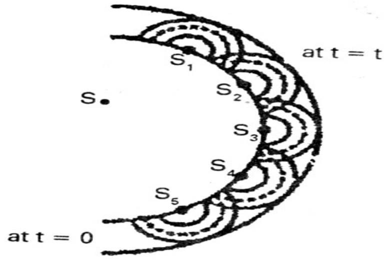
www.sakshieducation.com

దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. హైగెన్స్ సూత్రం అంటే ఏమిటి?హైగెన్స్ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి వక్రీభవన దృశాదృగ్విషయాన్ని వివరించండి.

జ: **హైగెన్స్ సూత్రం :**

హైగెన్స్ నియమమునుపయోగించి ఏదేని సమయములో తరంగాగ్ర స్థానాన్ని తెలుసుకొనవచ్చును



హైగెన్స్ సూత్రం ప్రకారం 1) తరంగాగ్రం మీద ప్రతి బిందువు ఒక గౌణ జనకంగా పనిచేయును.

2) ఇవి యానకంలో కాంతి వేగంతో సమానమైన వేగంతో ప్రయాణిస్తాయి.

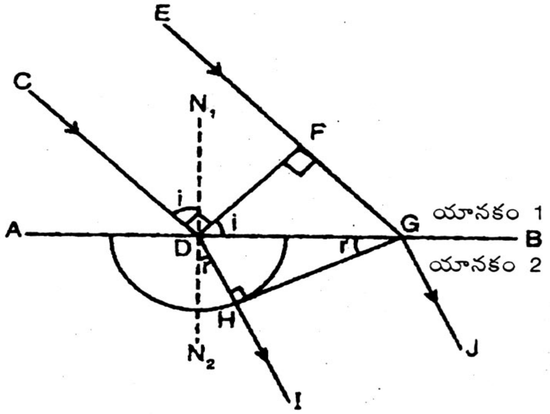
3) తరంగం ప్రయాణించే దిశలో గౌణ తరంగికలన్నింటి ఉమ్మడి స్పర్శ రేఖ కొత్త తరంగాగ్రమగును.

ఈ సూత్రాన్నుపయోగించి పరావర్తనం మరియు వక్రీభవన నియమాలను విశదీకరించవచ్చు. ఏ బిందువు వద్దనైనా తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి ఆ బిందువు వద్ద గౌణ తరంగికల ఆధ్యారోపణం వల్ల వచ్చిన కంపన పరిమితికి సమానంగా ఉండును. S ఒక బిందు జనకం $S_1, S_2, S_3, S_4, ...$ లు సమయం $t = t$ వద్ద ఏర్పడిన తరంగాగ్రం మీది గౌణ జనకాలు. ఆ గౌణ జనకాల నుండి బయలుదేరిన తరంగికల అధ్యారోపణ సమయం $t = t$ వద్ద తీసుకొని, ఆ అధ్యారోపణాల ఉమ్మడి ఆచ్ఛాదన సమయం $t = t$ వద్ద తరంగాగ్రం అవుతుంది.

సమతల, గోళీయ తరంగాగ్రాల నిర్మాణ పద్ధతి హైగెన్స్ సూత్రం నుంచి పొందవచ్చును.

వక్రీభవనము:

మొదటి మరియు రెండవ యానకాలలో కాంతి వేగములు వరుసగా V_1 మరియు V_2 అనుకొనుము. రెండు యానకాలను వేరు చేసే వక్రీభవన తలం AB పై పతనం అయ్యే సమతల తరంగాగ్రం DF అనుకుందాం. CD మరియు EFG రేఖలు తరంగాగ్రము దిశను లేదా పతన లేదా పతన రేఖలు సూచిస్తూ DF కు లంబంగా ఉంటాయి. D మరియు F ల మధ్య ఉన్న అలజడి F నుండి G ను చేరులోపు D మరియు G ల మధ్యవున్న గౌణతరంగాగ్రాలు 2వ యానకంలో వేరు వేరు దూరాలు ప్రయాణిస్తాయి. F నుండి G చేరుటకు కాంతికి పట్టిన కాలం 't' అనుకుందాం. 1వ యానకంలో $FG = V_1 t$, రెండవ యానకంలో $DH = V_2 t$ 2వ యానకంలో D వద్ద గౌణ తరంగాగ్రంను సూచించుటకు DH వ్యాసార్ధంతో ఒక వృత్తాన్ని గీసిన, ఆవృత్తానికి H వద్ద గీసిన స్పర్శరేఖ GH పై D మరియు G ల మధ్య ఉండే అన్ని గౌణ తరంగికలు ఉంటాయి. రేఖ GH వక్రీభవన తరంగాగ్రంను సూచిస్తుంది.



www.sakshieducation.com

N_1DN_2 రేఖ వక్రీభవన తలం AB పై D వద్ద గీసిన లంబరేఖ మరియు 'r' వక్రీభవన కోణం త్రిభుజం DFG లో

$\angle FDG = \angle CDN_1 = i$ మరియు $\sin i = \frac{FG}{DG} = \frac{V_1 t}{DG}$........(1) $(\because FG = V_1 t)$

త్రిభుజం DHG $\widehat{D} + \widehat{H} + \widehat{G} = 180^0$

ఇక్కడ $\widehat{D} = 90 - r$, $\widehat{H} = 90^0 \Rightarrow 90 - r + 90 + \widehat{G} = 180 \Rightarrow \widehat{G} = r$

మరియు $\sin r = \frac{DH}{DG} = \frac{V_2 t}{DG}$ ..... (2) $(\because DH = V_2 t)$

(1) మరియు (2) సమీకరణముల నుండి, $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1 t}{V_2 t} = \frac{V_1}{V_2}$

ఇక్కడ 1వ మరియు 2వ యానకాలలో కాంతి వేగాలు V_1 మరియు V_2 స్థిరం కావున,

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} =$ స్థిరం .... (3) ఇది స్నెల్ నియమం.

2. **సంబద్ధం, అసంబద్ధ తరంగాల సంకలనాల మధ్య గుర్తించండి. సంపోషక, వినాశాత్మక వ్యతికరణాల సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధిపరచండి.**

: **సంబద్ధం తరంగాలు:**

సంబద్ధ కాంతి తరంగాలలో యానకంలోని ఒక నిర్దిష్ట బిందువు వద్ద ఒక్కొక్క తరంగం ఉత్పత్తి చేసే ప్రావస్థ లేక దశాభేదం కాలంతో మారదు.

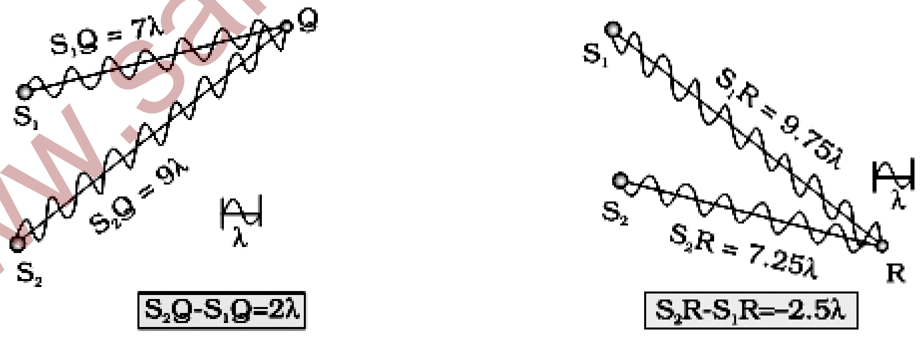
అసంబద్ధ తరంగాలు:

అసంబద్ధ కాంతి తరంగాలు యానకంలోని ఒక బిందువు వద్దకు చేరి అధ్యారోపణం చెందితే ఏర్పడే తరంగాల స్వభావాన్ని మనం కచ్చితంగా కనుగొనలేము.

సంపోషక, వినాశాత్మక వ్యతికరణాలు:

ద్యుతిమయ పట్టిక:

ద్యుతిమయ పట్టిక ఏర్పడుటకు సంపోషక వ్యతికరణం జరగవలెను. అనగా ఏదైనా బిందువు 'P' వద్దకు చేరుకొన్న సంబద్ధ తరంగల మధ్య దశాభేదము $\phi = 0$ లేదా $2\pi, 4\pi$ మరియు 2π పూర్ణ గుణిజం అగును.



(a) (b)

లేదా పథభేదము $x = \lambda, 2\lambda.....n\lambda$ ఉండవలెను.

S_1 మరియు S_2 అను రెండు సంబద్ధ జనకాల నుండి వచ్చిన కాంతి తరంగాలు యానకంలోని ఏదైనా బిందువు వద్ద సంపోషక వ్యతికరణం జరుపుతున్నాయనుకొనుము. తరంగాల మధ్య పథభేదము $S_2Q - S_1Q = \lambda$ అగును.

$y_1 = a\cos\omega t$ మరియు

$y_2 = a\cos(\omega t - 2\pi) = a\cos\omega t$

తరంగాల అధ్యారోపణం వల్ల $y = y_1 + y_2 = a\cos\omega t + a\cos\omega t$

$= 2a\cos\omega t$

కాని కాంతి తీవ్రత $I = (2a)^2 = 4a^2$

ఇందు $a^2 = I_0$ తరంగాల తొలి కాంతి తీవ్రత.

కాంతి తీవత్ర గరిష్ఠం. కావున దీనిని వెలుగు పట్టి అందురు.

విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణం:

విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణానిక తరంగముల మధ్య దశాభేదం $\phi = \pi$ లేదా π యొక్క బేసి గుణిజం మరియు పథభేదం $x = \lambda/2$ లేదా $\lambda/2$ యొక్క బేసి గుణిజం ఉండవలెను.

విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణానికి దశాభేదం $\phi = S_2Q - S_1Q = \pi$.

కావున ఇచ్చిన తరంగాలను $y_1 = a\cos\omega t, y_2 = a\cos(\omega t + \pi)$

అధ్యారోపణం వల్ల ఫలిత తరంగం $y = y_1 + y_2$

$\therefore y = a\cos\omega t + a\cos(\omega t + \phi)$

$= a[\cos\omega t + a\cos(\omega t + \phi)]$

$= 2a\cos(\phi/2)\cos(\omega t + \phi/2)$

ఇందు కంపన పరిమితి $= 2a\cos(\phi/2)$

దశాభేదము $\phi = \pi$ అయితే $2a\cos\phi/2 = 0$

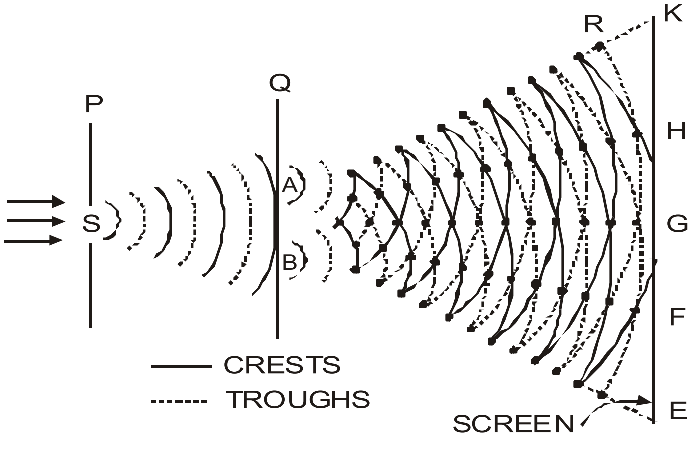
అనగా ఫలిత తరంగ కంపన పరిమితి సున్న. అందువలన తీవ్రత $I = 0$. ఈ రకమైన వ్యతికరణాన్ని విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణం అందురు.

3. **వ్యతికరణాన్ని పరిశీలించడానికి యంగ్ ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి. దీని నుండి పట్టీ వెడల్పుకు సమీకరణాన్ని రాబట్టండి.**

జ: **యంగ్ జంట చీలికా ప్రయోగము :**

సూర్యకాంతి ద్వారా ప్రదీప్తమైన సూది మొన రంధ్రం $'S'$ ప్రధాన కాంతి జనకము. దీని నుండి కొంత దూరంలో సమాన దూరాలలో చాలా దగ్గరగా గల A, B అనే రెండు సూది మొన రంధ్రాలు గౌణ కాంతి జనకాలుగా పని చేస్తాయి. $'S'$ గోళాకార తరంగాగ్రాలను ఉత్పన్నం చేయుట వలన A, B లు ఒకే తరంగాగ్రముల పై ఉండుటచే ఇవి స్థిరమైన దశాభేదం కలిగి సంబద్ధ కాంతి తరంగాలను ఉద్గారం చేసే గౌణ కాంతి జనకాలుగా పనిచేస్తాయి.

వీటి నుండి వెలువడు గౌణ తరంగాల అధ్యారోపణం వలన తెర పై వ్యతికరణ పట్టీలు ఏర్పడును. రెండు తరంగాలలోని శృంగాలు లేక ద్రోణులు కలిసినప్పుడు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం వలన వెలుగు పట్టి ఏర్పడును. ఒక తరంగంలోని శృంగము మరోక తరంగంలోని ద్రోణి కలిసినపుడు వినాశాత్మక వ్యతికరణం వలన చీకటి పట్టి ఏర్పడును.



www.sakshieducation.com

వెలుగు పట్టిక :

వెలుగు పట్టి ఏర్పడుటకు తెరమీద గల ఏదైనా బిందువును అక్కడికి చేరు తరంగాల మధ్య పథభేదం $n\lambda$ ఉండవలెను.

$$S_2p - S_1P = n\lambda$$

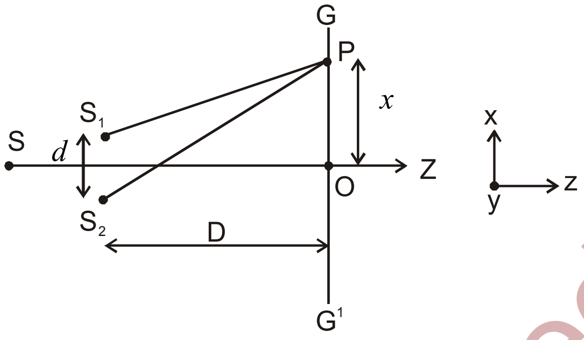
పటం నుండి, $$S_2P^2 - S_2P^2 = \left(D^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2\right) - \left(D^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2\right) = 2xd$$

లేదా $(S_2P - S_1P) = \dfrac{2xd}{(S_2P + S_1P)}$

కాని $x << d$ కావున $S_2P + S_1P = 2D$ అగును.

$$S_2P - S_1P = 2x\frac{d}{2D}$$

$n\lambda = 2x\dfrac{d}{D}$ లేదా పథభేదం $x = n\lambda\dfrac{D}{d}$



$\therefore$ వెలుగు పట్టిక ఏర్పడుటకు $x = n\lambda\dfrac{D}{d}$

చీకటి పట్టిక :

చీకటి పట్టిక ఏర్పడుటకు తెరమీద గల ఏదైనా బిందువును అక్కడికి చేరు తరంగాల మధ్య పథభేదం $x = \lambda/2$ లేదా $\lambda/2$ బేసి గుణిజం ఉండవలెను.

విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణం వద్ద $x = \left(n + \dfrac{1}{2}\right)\lambda$

పథభేదం $S_2P - S_1P = \left(n + \dfrac{1}{2}\right)$

కాని $S_2P - S_1P = \dfrac{xd}{D}$

$$\therefore \frac{xd}{D} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

లేదా విచ్ఛిత్తికర వ్యతికరణానికి $x = \left(n + \dfrac{1}{2}\right)\lambda\dfrac{D}{d}$

పట్టిక వెడల్పు (β) :

వరుసగా ఉన్న రెండు వెలుగు పట్టికలు లేదా రెండు చీకటి పట్టికల మధ్య దూరాన్ని పట్టిక వెడల్పు అందురు.

$\therefore$ పట్టిక వెడల్పు $\beta = x_{n+1} - x_n$....................(8)

www.sakshieducation.com

$x_{n+1} = 2\lambda \frac{d}{D}$ మరియు $x_n = \lambda \frac{D}{d} \Rightarrow \beta = 2\lambda \frac{D}{d} - \lambda \frac{D}{d} = \lambda \frac{D}{d}$

$\therefore$ పట్టిక వెడల్పు $\beta = \lambda \frac{D}{d}$

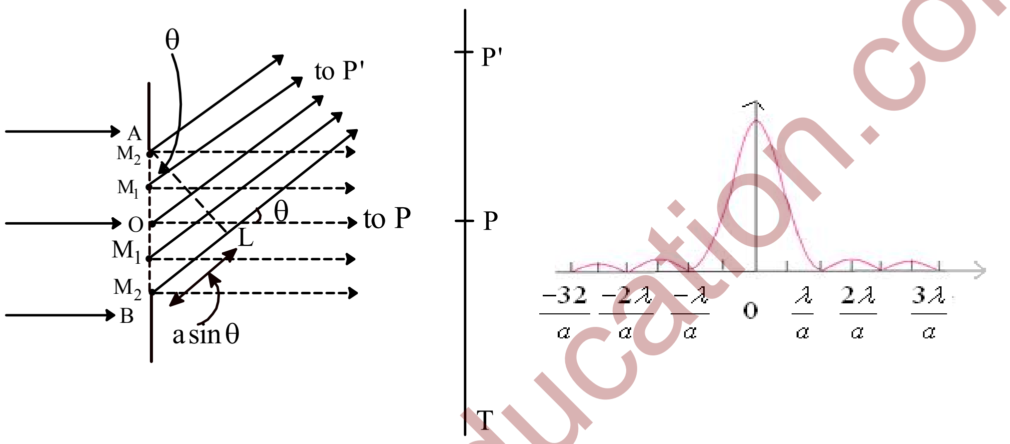
4. వివర్తనం అంటే ఏమిటి? ఒంటి చీలిక నుంచి పొందగలిగే వివర్తన వ్యూహాన్ని చర్చించండి.

జ: వివర్తనం:

అతి సన్నని ద్వారములు లేదా పలుచని అంచుల వద్ద కాంతి తరంగాలు వంగి ప్రయాణించడాన్ని వివర్తనం అంటారు. (లేదా) కాంతికిరణములు వస్తువుల జ్యామితీయ నీడలలోనికి పోవడాన్ని వివర్తనం అంటారు.

ఉదా: సూర్యోదయానికి ముందు, పర్వత శిఖరాలు వెండిపొరవలె మెరుస్తాయి.

ఒంటి చీలిక వద్ద కాంతి వివర్తనము:



తరంగదైర్ఘ్యము λ గల ఏకవర్ణకాంతి d మందం గల సన్నిని చీలిక AB పై లంబంగా పతనం చెందినది అనుకొనుము. వివర్తనం చెందిన కాంతి కుంభాకార కటకం ద్వారా తెర పై కేంద్రీకరణ చెందును. గౌణ తరంగాగ్రములు $OP\ a)\ b)\ c)$ దిశ ప్రయాణించి P వద్ద కేంద్రీకరణ చెందును. తరంగాగ్ర లంబమునకు θ కోణము చేయు దిశలో వివర్తనము చెందిన కాంతి తెర పై P^1 బిందువు వద్ద కేంద్రీకరణ చెందును.గౌణ తరంగాగ్రముల మధ్య పథ భేదం $= BL = AB\sin\theta = a\sin\theta$

$(\because \sin\theta \approx \theta)$

పథ భేదము $(\lambda) = a\theta$

$\theta = 0^0$ వద్ద గరిష్ఠ తీవ్రత, $\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ వద్ద గౌణ గరిష్ఠములు మరియు $\theta = \frac{n\lambda}{a}$ వద్ద కనిష్ఠ తీవ్రత ఏర్పడును.

$\theta = \frac{\lambda}{a}$ ఇప్పుడు చీలికను రెండు సమభాగాలుగా, ప్రతిభాగం $\frac{a}{2}$ పరిమాణం ఉండునట్లు విభజించాలి.

1) $\theta = \frac{n\lambda}{a}$ వద్ద తీవ్రతలు సున్నా అగును.

ఇక్కడ $n = 1, 2, 3........$

2) $\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ గరిష్ఠం అగును.

3) $\theta = \frac{3\lambda}{2a}$ అనునది రెండు చీకటి పట్టీల మధ్య బిందువు అనుకొనుము.

4) చీలిక యొక్క మొదటి $\frac{2}{3}$ వంతు తీసుకుంటే, రెండు చివరల మధ్య పదభేదం

www.sakshieducation.com

$$\frac{2}{3}a\times\theta=\frac{2a}{3}\times\frac{3\lambda}{2a}=\lambda$$

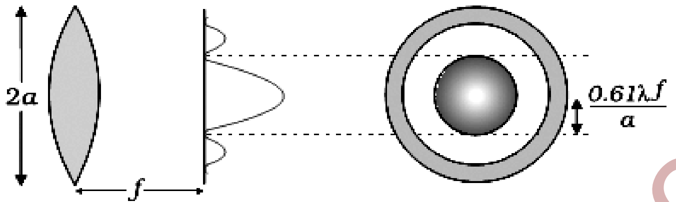
5) చీలిక యొక్క మొదటి $\frac{2}{3}$ వంతును $\frac{\lambda}{2}$ పథభేదం ఉండునట్లుగా రెండు భాగాలుగా విభజిస్తే, వీటిలో తీవ్రత రద్దవుతుంది. ే మిగిలిన $\frac{1}{3}$ వంతు భాగం తీవ్రత కనిష్ఠంగా నుండును.

5. దృక్ సాధనాల వృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటే ఏమిటి? ఏ నిబంధన క్రింద ప్రతిబింబాలు వృథక్కరింవబడతాయో ఉత్పాదించండి.

జ: పృథక్కరణ సామర్థ్యము:

దగ్గరగా ఉన్న రెండు బిందువులను విడగొట్టి చూపగల కటక సామర్థ్యమును కటకం యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యం అందురు.

దృశా వరికరాల యొక్క వృథక్కరణ సామర్థ్యము:



ఒక సమాంతర కాంతి కిరణము కుంభాకార కటకం పై పతనం చెందినది అనుకోనుము. వివర్తన ప్రభావము చేత, కిరణము పరిమిత వైశాల్యములో చుక్కవలె ఏర్పడుతుంది. వివర్తన ప్రభావాన్ని పరిగణలోకి తీసుకుంటే మధ్యభాగం వృత్తాకారంగా వెలుగు ప్రాంతం, దాని చుట్టూ చీకటి మరియు వెలుగు వృత్తాలు ఏర్పడును.

కేంద్రము వద్ద వెలుగు ప్రాంతం వ్యాసార్థం

$$r_0=\frac{1.22\lambda f}{2a}=\frac{0.61\lambda f}{a}$$

ఇందు f కటకం నాభ్యాంతరం మరియు $2a=$ కటకం యొక్క వ్యాసం

పృథక్కరణకు నిబంధన:

చుక్క పరిమాణము చాలా చిన్నదే ,

రెండు నక్షత్రాలను పృదక్కరణ $f\Delta\theta\approx r_0\approx\frac{0.61\lambda f}{a};\ \Delta\theta\approx\frac{0.61\lambda}{a}$

$\Delta\theta$ స్వల్పమైన వస్తువు యొక్క వ్యాసం $(2a)$ అధిక ము. a విలువ అధికమైన దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యమునకు

వస్తువు మరియు వస్తు కటానికి మధ్య కనిష్ఠ దూరం $d_{\text{కనిష్ఠం}}=\frac{1.22\lambda}{2\mu\sin\beta}$

ఇందు $\mu=$ వక్రీభవన గుణకం; $\mu\sin\beta=$ న్యూమరికల్ అపర్చర్

www.sakshieducation.com

అభ్యాసాలు

1. $589nm$ తరంగదైర్ఘ్యం గల ఏకవర్ణ కాంతి గాలిలో నుంచి నీటి ఉపరితలం పై పతనమైంది. నీటి వక్రీభవన గుణకం 1.33 అయితే, ఎ) పరావర్తిత కాంతి, బి) వక్రీభవన చెందిన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం, పౌనఃపున్యం, వడులను కనుక్కోండి.

జ: $\lambda = 589nm = 589\times10^{-9}m$

ఎ) పరావర్తిత కాంతి:

$\lambda = 589\times10^{-9}m$, $\upsilon = 5.09\times10^{14}Hz$

$$c = 3\times10^{8}m/s \Rightarrow \upsilon = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{589\times10^{-9}} = 5.093\times10^{14}Hz$$

బి) వక్రీభవన- కాంతి:

$\upsilon = 5.093\times10^{14}Hz$

$$\upsilon = \frac{c}{\mu} = \frac{3\times10^{8}}{1.33} = 2.256\times10^{8}m/s$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{c}{\upsilon} = \frac{2.256\times10^{-8}}{5.093\times10^{14}} = 443nm$$

2. క్రింది ప్రతి సందర్భంలోను తరంగాగ్రం ఆకారం ఏమిటి?

ఎ) ఒక బిందు జనకం నుంచి అపసరం చెందే కాంతి

బి) ఒక కుంభాకార కటకం నాభి వద్ద బిందు జనకాన్ని ఉంచినప్పుడు కటకం నుంచి బహిర్గతమయ్యే కాంతి

సి) భూమి అడ్డగించే సుదూర నక్షత్రం నుంచి వచ్చే కాంతి తరంగాగ్రం భాగం.

జ: ఎ) గోళాకార తరంగాగ్రం

బి) సమతల తరంగాగ్రం

సి) సమతల తరంగాగ్రం

3. ఎ) గాజు వక్రీభవన గుణకం 1.5.గాజులో కాంతి వడి ఎంత? (శూన్యంలో కాంతి వడి $3.0\times10^{8}ms^{-1}$)

బి) గాజులో కాంతి వేగం కాంతి రంగు మీద ఆధారపడదా? అలా కాకుంటే, ఎరుపు,ఊదా రెండు రంగులలో గాజు పట్టకంలో నెమ్మదిగా ప్రయాణిస్తుంది?

జ: ఎ) $\mu = \frac{c}{\upsilon} \Rightarrow \upsilon = \frac{c}{\mu} = \frac{3\times10^{8}}{1.5} = 2\times10^{8}m/s$

బి) ఆధారపడదు. వక్రీభవన గుణకం మరియు యానకంలో కాంతివేగం తరంగదైర్ఘ్యం పై ఆధారపడును. $\mu_v > \mu_r$.

$\therefore v_v < v_r$ కాబట్టి ఊదారంగు కాంతి ఎరుపు రంగు కాంతి కన్నా నెమ్మదిగా ప్రయాణించును

4. ఏకవర్ణ కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం λ ని ఉపయోగించిన యంగ్ జంట చీలిక ప్రయోగంలో తెరమీద పథభేదం λ గల ఒక బిందువు వద్ద కాంతి తీవ్రత K యూనిట్లు. పథభేదం $\lambda/3$ గల బిందువు వద్ద కాంతి తీవ్రత ఎంత?

జ: $I_1 = I_2 = I$ మరియు రెండు కాంతి తరంగాల మధ్య దశాభేదం ϕ అయిన

ఫలిత తీవ్రత

$$I_R = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}.\cos\phi$$

పథభేదం $= \lambda$, దశాభేదం $\phi = 0^0$

$$\therefore I_R = I + I + 2\sqrt{II}.\cos 0^0 = 4I = k$$

www.sakshieducation.com

పథభేదం $= \frac{\lambda}{3}$

దశాభేదం $\phi = \frac{2\pi}{3}$ రేడియన్

$$\therefore I'_R = I + I + 2\sqrt{II}.\cos\frac{2\pi}{3}$$

$$\Rightarrow I'_R = 2I + 2I\left(\frac{-1}{2}\right) \Rightarrow I = \frac{k}{4}$$

5. యంగ్ జంట చీలిక ప్రయోగంలో వ్యతికరణ పట్టీలను పొందడానికి $650nm, 520nm$ అనే రెండు తరంగదైర్ఘ్యాలను కలిగి ఉండే ఒక కాంతి పుంజం ఉపయోగిస్తున్నారు.
ఎ) $650nm$ తరంగదైర్ఘ్యానికి తెరమీద కేంద్రీయ గరిష్ఠం నుంచి మూడవ ద్యుతిమయ పట్టీకి గల దూరాన్ని కనుక్కోండి.
బి) ఈ రెండు తరంగదైర్ఘ్యాల వల్ల ద్యుతిమయ పట్టీల ఎక్కడయితే ఏకీభవిస్తాయో అక్కడి నుంచి కేంద్రీయ గరిష్ఠానికి ఉండే కనీస దూరం ఎంత?

జ: $\lambda_1 = 650nm = 650\times10^{9}m \Rightarrow \lambda_2 = 520nm = 520\times10^{-9}m$

d =చీలికల మధ్యదూరం; D = చీలికల నుండి తెరకు దూరం

ఎ) $n = 3 \Rightarrow x = n\lambda, \frac{D}{d} = 3\times650\frac{D}{d}nm$

బి) n వ వెలుగు పట్టీకి $\lambda_2 = 520nm$, $(n-1)$ వెలుగు పట్టీకి $\lambda_1 = 650nm$

$\therefore n\lambda_1 = (n-1)\lambda_1;\ n\times520 = (n-1)650;$

$4n = 5n - 5$ (లేదా) $n = 5$

$\therefore$ అవసరమైన కనిష్ఠ దూరం, $x = n\lambda_2\frac{D}{d} = 5\times520\frac{D}{d} = 2600\frac{D}{d}nm$

6. జంట చీలిక ప్రయోగంలో $1m$ దూరంలో ఉంచిన తెరమీద ఒక పట్టీ కోణీయ వెడల్పు 0.2^0 లుగా కనుక్కోవడమైంది. ఉపయోగించిన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $600nm$. మొత్తం ప్రయోగ అమరికను కనుక నీటిలో ముంచినట్లయితే పట్టీ కోణీయ వెడల్పు ఎంత? నీటి వక్రీభవన గుణకాన్ని 4/3 గా తీసుకోండి.

జ: $\theta_1 = 0.2^0\ D = 1m,\ \lambda_1 = 600nm,\ \theta_2 = ?,\ \mu = 4/3$

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{\mu} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \theta_2 = \frac{3}{4}\theta_1 = \frac{3}{4}\times0.2^0 = 0.15^0$$

7. గాలి నుంచి గాజు సంక్రమణకు బ్రూస్టర్ కోణం ఎంత? (గాజు వక్రీభవన గుణకం = 1.5)

జ: $\mu = 1.5;\ \tan i_p = \mu = 1.5$

$$\therefore i_p = \tan^{-1}(1.5);\ i_p = 56.3$$

www.sakshieducation.com

8. $5000A^0$ **తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతి ఒక సమతల పరావర్తక తలం మీద పడింది. పరావర్తిత కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం, పౌనఃపున్యాలు ఏమిటి? ఏ పతన కోణం విలువకు పరావర్తిత కిరణం, పతన కిరణానికి లంబంగా ఉంటుంది?**

జ: $\lambda = 5000A^0 = 5\times10^{-7}m$

$\therefore$ పరావర్తన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $(\lambda) = 5000A^0$

$$\upsilon = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{5\times10^{-7}} = 6\times10^{14}Hz$$

పతన కోణం $i = 45^0$ అయితే పరావర్తన కాంతి, పతన కాంతికి లంబంగా ఉంటుంది.

9. $4mm$ **కంత,** $400nm$ **కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం ఉంటే కిరణ దృశాశాస్త్రం ఎంత దూరానికి సరియైన ఉజ్జాయింపు చేయబడుతుందో అంచనా వేయండి.**

జ: $a = 4mm = 4\times10^{-3}m;\ \lambda = 400nm = 400\times10^{-9}m = 4\times10^{-7}m$

$$Z_F = \frac{a^2}{\lambda} = \frac{(4\times10^{-3})^2}{4\times10^{-7}} = 40m$$

www.sakshieducation.com