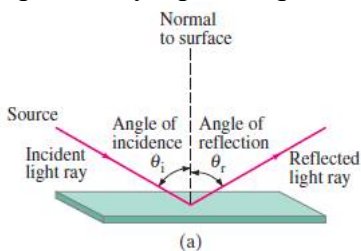


Режа:

1. Ёруғликнинг қайтиш ва синиш қонунлари.
2. Ёруғлик табиати тўғрисида Ньютон ва Гюйгенс назариялари.
3. Ёруғлик интерференцияси. Когерент тўлқинлар.
4. Интерференциянинг максимумлик ва минимумлик шартлари.
5. Ёруғлик интерференциясини ҳосил қилиш усуллари

Ёруғлик – моддалардан чикувчи кўзга кўринадиган электромагнит тўлқиндир. Ёруғлик манбалари деганда, исталган турдаги энергияни ёруғлик энергиясига айлантирувчи, яъни ёруғлик чиқарувчи моддалар назарда тутилади. Улар табиий ва сунъий бўлиши мумкин. Табиий ёруғлик манбаларига Куёш, юлдузлар ва бошқа турли хил разрядлар мисол бўлади. Сунъий ёруғлик манбаларига чўғланма электр лампалари, газли лампалар ва ҳ.к. мисол бўлади. Хусусий ўлчамлари чиқараётган ёруғлигининг таъсири ўрганилаётган жойгача бўлган масофага нисбатан эътиборга олинмайдиган даражада кичик бўлган ёруғлик манбайи нуқтавий манба дейилади.

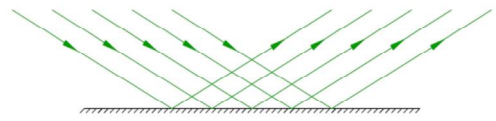
Тажриба ва назария шуни кўрсатадики, ёруғлик ҳар хил шаффоф муҳитларда ҳар хил тезлик билан тарқалади, бу тезликлар ёруғликнинг вакуумдаги тезлигидан кам бўлади. Ёруғлик икки муҳит чегарасига тушганда, шу сиртдан қайтади. Нур ўзининг йўналишини ўзгартиради ва шу муҳитнинг ўзига қайтади. 9.1-расмда нурлар дастаси ясси сиртдан қайтиши кўрсатилган. Бу жараён маълум қонуниятга бўйсунди. Бу қонунга–ёруғлининг қайтиш қонуни дейилади. 9.1-расмда тушувчи нур, қайтувчи нур ва ёруғлик тушувчи сиртнинг нуқтасига туширилган перпендикуляр тасвирланган.



9.1-расм



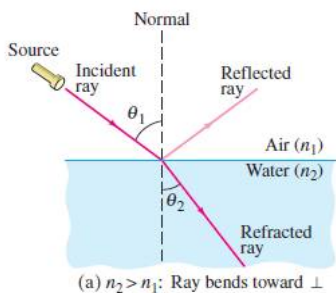
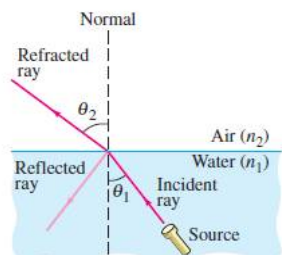
9.2-расм



9.3-расм

Ёруғликнинг қайтиш қонуни: сиртга тушувчи нур, қайтган нур ва ёруғлик тушиш нуқтасига туширилган перпендикуляр битта текисликда ётади; Ёруғликнинг тушиш бурчаги қайтиш бурчагига тенг: $\theta_1 = \theta_2$. Агар ёруғлик нурлари дастаси нотекис сиртга тушса, қайтувчи нурлар ҳамма тарафга сочилиб қайтади. Бундай қайтишга диффуз қайтиш дейилади (9.2-расм). Сиртга туширилган параллел нурлар дастаси параллел қайтса, бундай қайтишга кўзгу қайтиш дейилади (9.3-расм). Диффуз қайтишда қайтган нурларни ҳар тарафдан қараганда ҳам кўриш мумкин, кўзгу қайтишда қайтган нурларни фақат бир йўналиш бўйича кўриш мумкин, бошқа тарадан қараганда нурлар кузатувчига тушмайди.

Ёруғликнинг синиш қонуни. Бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтган нурнинг ўз йўналишини ўзгартиришига ёруғликни синиши дейилади. Тушаётган нур, синган нур ҳамда икки муҳит чегарасидаги, нурнинг тушиш нуқтасига ўтказилган перпендикуляр бир текисликда ётади (9.4-расм). Тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусига нисбати шу икки муҳит учун ўзгармас катталиқдир.

(a) $n_2 > n_1$: Ray bends toward $\perp$ (b) $n_1 > n_2$: Ray bends away from $\perp$

9.4-расм

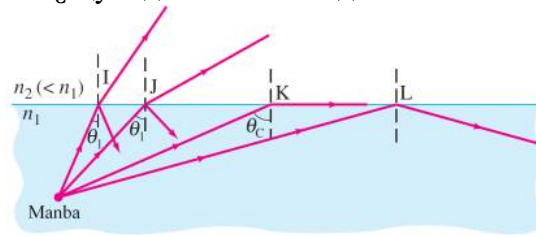
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad (9.1)$$

бу ерда n_{21} – иккинчи муҳитнинг биринчисига нисбатан нисбий синдириш кўрсаткичи. Синиш қонуни голланд олими В. Снеллиус (1621 й) томонидан тажрибада исботланган.

Мухитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи деб, унинг вакуумга нисбатан олинган синдириш кўрсаткичига айтилади. У ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги с нинг шу муҳитдаги тезлиги v га нисбати билан аниқланади, яъни

$$n = \frac{c}{v} \quad (9.2)$$

Тўла ички қайтиш. Ёруғлик бирор материалда синдириш кўрсаткичи кичик бўлган иккинчи материалга (масалан, сувдан ҳавога) ўтса, синган ёруғлик нурлари нормалдан кўпроқ оғади. Маълум тушиш бурчагида синиш бурчаги 90° га тенг бўлиб, синган нур икки материални чегараси бўйлаб тарқалади (расмда K нур). θ_c тушиш бурчагига – чегаравий бурчак дейилади. Снеллиус қонунидан θ_c қуйидагича топилади



9.5-расм

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (9.3)$$

Бу ҳодисага ёруғликнинг тўла қайтиши деб аталади. Фақат иккинчи муҳитнинг синдириш кўрсаткичи кичик бўлганида, икки муҳит чегарасига тушган нурларнинг тўла ички қайтиши ҳодисаси рўй беради.

Ёруғлик тўғрисида икки хил назария мавжуд бўлиб, булар Ньютоннинг “Корпускуляр” ва Гюйгенснинг “Тўлқин” назарияларидир. Ньютон назариясига асосан ёруғлик зарралар оқимидан иборат. Гюйгенс назариясига асосан ёруғлик тўлқин табиатига эга. Дастлаб, Ньютон назарияси, кейинчалик Гюйгенс назарияси ёруғликни тушунтиришда устун келиб турди, лекин кейинчалик ёруғлик икки хил табиатга эга эканлиги маълум бўлди. Ёруғлик моддадан чиқаётганда ёки моддага ютиляётганда ўзини худди заррадек тутади, фазода тарқалаётганда эса ўзини тўлқиндек тутади.

Максвелл электр ва магнетизм билан боғланган ёруғликнинг электромагнит назариясини яратди. Унда $c/\vartheta = \sqrt{\varepsilon\mu} = n$ (9.4) эканлиги маълум бўлди. Бу ифода модданинг оптик, электрик ва магнит доимийларини ўзаро боғлайди. Лекин бу назария ёруғликнинг дисперсиясини тушунтира олмади, Лоренц ёруғликнинг электрон назариясини яратиб, бу муаммони бартараф этди. Шунингдек, Максвелл назарияси ёруғликнинг нурланиш ва ютилиши жараёнларини, фотоэлектрик эффектни, Комптон сочилишларини тушунтира олмади. Лоренц назарияси ҳам абсолют қора жисм иссиқлик нурланишида энергиянинг тўлқин узунликлари бўйича тақсимланиши қандай бўлишини ҳал қилиб беролмади.

Юқорида қайд қилинган камчилик ва қарама-қаршиликлар М. Планк томонидан яратилган ёруғликнинг квант назарияси асосида тўла бартараф этилди. М. Планк ёруғликнинг нурланиши ва ютилиши фақат маълум дискрет порция (квант)лар шаклида содир бўлади деган гипотезани илгари сурди. Бунда квант энергияси тебранишлар частотаси ν билан аниқланади.

$$\varepsilon_0 = h\nu \quad (9.5) \text{ бунда } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ж}\cdot\text{с} - \text{Планк доимийси.}$$

Планк назарияси эфир тушунчасига эҳтиёж сезмади. У қора жисм нурланишини тўла тушунтириб берди. 1905-йилда А. Эйнштейн ёруғликнинг квант назариясини ишлаб чиқди. Унга биноан нафақат ёруғликнинг нурланиши балки унинг тарқалиши ҳам ёруғлик квантлари оқими фотонлар тарзида содир бўлади. Бу фотонларнинг массаси:

$$m_f = \frac{\varepsilon_0}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c} \quad (9.6)$$

Ёруғликнинг квант тасаввури ёруғликнинг нурланиш ва ютилиши қонунларига, шунингдек ёруғликнинг моддалар билан ўзаро таъсирлашув қонунларига мутлақо мос тушади. Маълумки, ёруғликнинг интерференцияси, дифракцияси ва кутбланиши ёруғликнинг тўлқин тасаввури асосида жуда осон тушунтирилади. Юқоридагилардан ёруғликнинг мураккаб табиатга эга эканлиги маълум бўлади. У ўзаро тескари, яъни айни бир пайтда ҳам дискрет, ҳам узлуксиз бўлган – корпускуляр (квант) ва тўлқин (электромагнит) каби ҳаракат турларининг бирлигини ўзида намоён этади - ёруғлик корпускуляр-тўлқин дуализми табиатига эга.

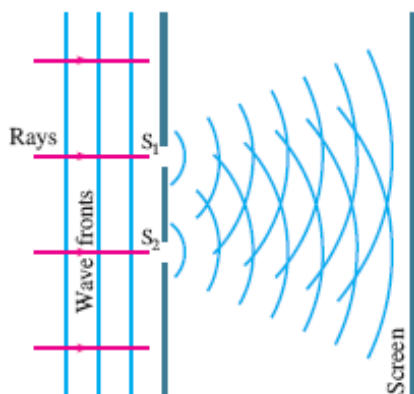
Ёруғлик интерференцияси. Когерент тўлқинлар. Когерент тўлқинлар-частотаси (тўлқин узунлиги) бир хил (монохроматик), фазалар фарқи ўзгармас бўлган тўлқинлар. Иккита нур сочиб турган жисмлар когерент манба бўла олмайдилар, улардаги атомлар бир-бири билан боғланмаган равишда нур чиқарадилар, шунинг учун бу нурларнинг фазалари хаотик равишда ўзгариб туради ва уларнинг фарқи (айирмаси) вақтга боғлиқ бўлиб қолади. Шунинг учун ёруғлик таркатаётган икки жисм ҳеч қачон когерент манба бўла олмайдилар. Когерент тўлқинлар ҳосил қилиш учун битта манбадан чиқаётган нурни иккига ажратилади. Бунинг бир нечта йўли бор. Иккита монохроматик ёруғлик тўлқини устма-уст тушиб, фазонинг бирор нуқтасида бир хил йўналишли тебранишни ҳосил қилаётган бўлсин: $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$ $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$ (9.7). Бунда x ўрнига тўлқиннинг E электр ёки H магнит майдон кучланганликларидан бири олинади. $\vec{E}$ ва $\vec{H}$ векторлар ўзаро перпендикуляр текисликларда тебранишади ҳамда улар суперпозиция принципига бўйсунди. Берилган нуқтада натижавий тебранишнинг амплитураси қуйидагича аниқланади:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (9.8)$$

Тўлқинлар ўзаро когерент бўлгани учун $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ вақт бўйича ўзгармас (лекин, фазонинг ҳар бир нуқтасида ўзгача) миқдорга эга бўлади, шунинг учун натижавий тўлқиннинг интенсивлиги

$$I \sim A^2, \quad I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (9.9)$$

фазонинг $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$ шарт бажариладиган нуқталарида $I > I_1 + I_2$, $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$ нуқталарида эса $I < I_1 + I_2$ ҳолат вужудга келади. Когерент бир неча ёруғлик тўлқинларнинг устма-уст тушиши оқибатида ёруғлик оқимининг фазовий қайта тақсимланиши рўй беради. Натижада фазонинг бир нуқтасида максимум интенсивлик, иккичисида минимум интенсивлик юзага келади. Бу ҳодисани ёруғликнинг интерференцияси дейилади (9.6-расм).

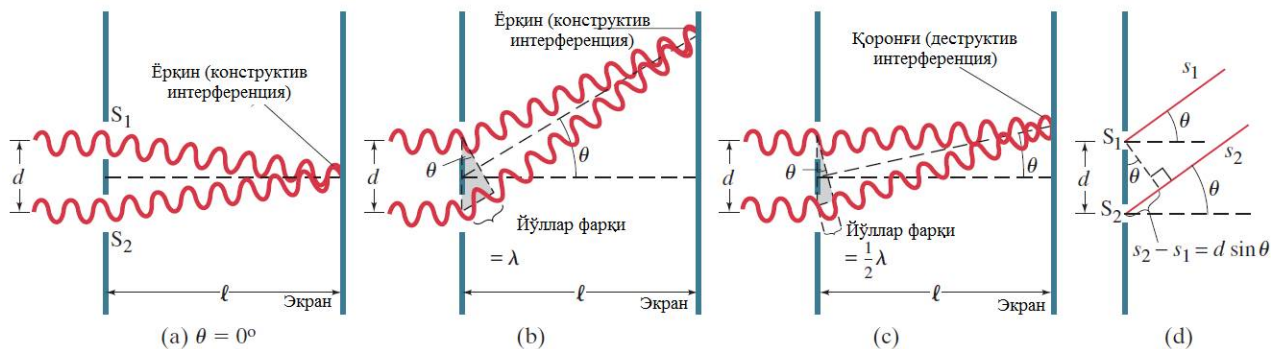


9.6-расм

Нокогерент тўлқинлардаги фазалар фарқи $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ нинг вақт бўйича ўртача қиймати нолга тенг бўлади. Натижавий тўлқиннинг интенсивлиги эса барча нуқтада бир хил бўлади, хусусан $I_1 = I_2$ бўлганда $I = 2I_1$ (когерент тўлқинларда худди шундай шароит учун максимумда $I = 4I_1$, минимумда $I = 0$ бўлади. Когерент ёруғлик тўлқинлари олиш учун, айти бир манбадан чиққан нурни икки қисмга ажратиб, улар турли оптик йўллари босиб ўтишгач – яна уларни устма-уст туширилади.

$L = Sn$ миқдорни ёруғлик тўлқинининг оптик йўли ва $\Delta = L_2 - L_1$ ни эса оптик йўллар фарқи деб юритилади. Бунда S - ёруғлик тўлқини босиб ўтадиган геометрик йўл узунлиги, n - муҳитнинг синдириш кўрсаткичи. Ҳосил бўладиган икки когерент тўлқиннинг фазалар фарқи қуйидагига тенг:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta \quad \text{бунда } \lambda_0 \text{ ёруғликнинг вакуумдаги тўлқин узунлиги.}$$



9.7-расм

Ясси тўлқинларни монохроматик, яъни “битта рангли” деб аталувчи якка тўлқин узунлигидан ташкил топган деб ҳисоблаб, 9.6-расмда кўрсатилгандек иккита тирқишга тушишини қараймиз. Диффракция туфайли, икки кичик тирқишдан ўтаётган тўлқинлар кўрсатилгандек сочилиб кетади. Интерференцион манзара қандай ҳосил бўлишини яққол кўриш учун биз 9.7-расмдан фойдаланамиз.

Интерференция максимумини кузатиш шarti:

$$\Delta = \pm m \lambda_0$$

$$\delta = \pm 2m\pi \quad (9.10)$$

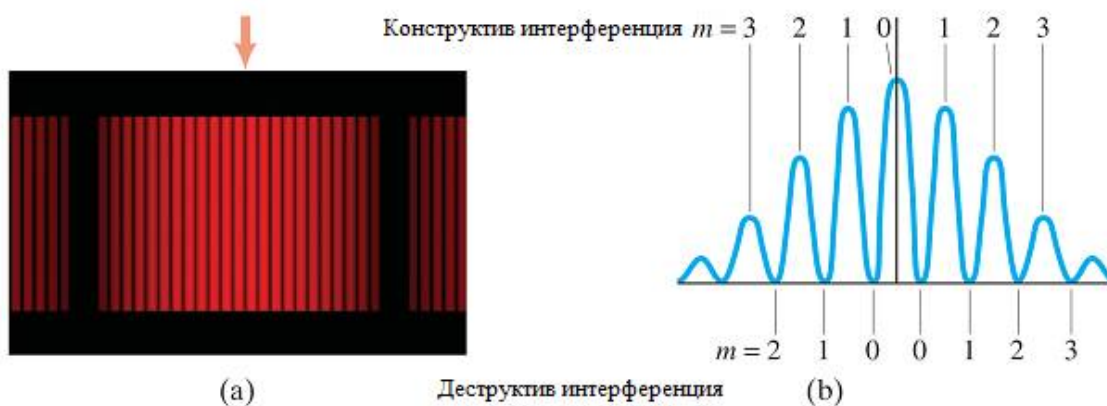
$$d \sin \alpha = m \lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad [\text{максимумлик шarti}]$$

Интерференция минимумини кузатиш шarti:

$$\Delta = \pm (2m+1) \frac{\lambda_0}{2}$$

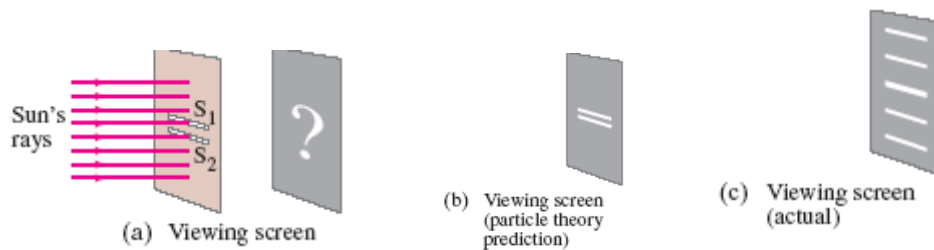
$$\delta = \pm (2m+1)\pi \quad (9.11)$$

$$d \sin \alpha = (m+1/2)\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad [\text{минимумлик шarti}]$$



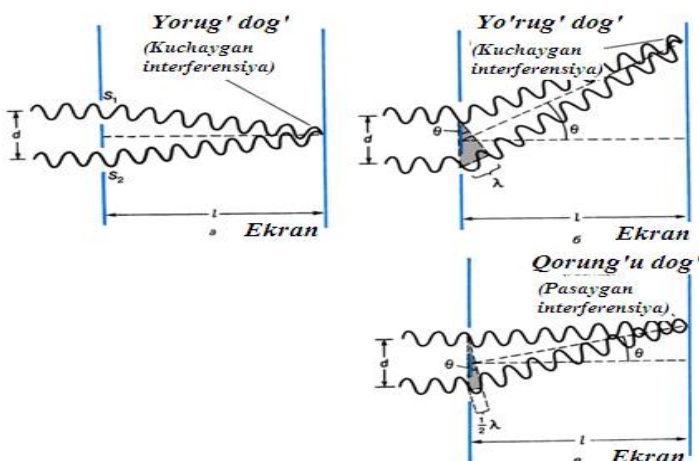
9.8-расм. (a) Интерференция чизиқлари икки-тирқиш тажрибасида пайдо бўладиган ва кўриш экранида жойлашган фотосурат орқали аниқланган. Ўқ марказий чизиқни белгилайди. (b) Интерференция манзарасидаги ёруғлик интенсивлиги графиги.

Ёруғлик интерференциясини кузатиш усуллари. 1801-йил инглиз олими Томас Юнг ёруғлик нурларини тўлқин хусусиятга эга эканлигини аниқ маълумотлар асосида исботлади ва ёруғлик нурларининг тўлқин узунлигини аниқлади. Қуёшдан келаётган ёруғлик тирқишдан ўтиб, экранга тушади 9.9a-расм. Бу экранда бир-бирига яқин жойлашган иккита S_1 ва S_2 тирқишлар бор. Агар ёруғлик заррачалардан иборат бўлганда, тирқишдан кейинги қўйилган экранда иккита ёруғ чизиқ ҳосил бўлиши керак эди 9.9b-расм. Лекин Юнг экранда бир қатор ёруғ чизиқларни кузатди 9.9c-расм ва бу манзарани ёруғлик нурларининг интерференцияси деб тушунтирди.



9.9-рaсм

9.10-рaсмда ораларидаги масофа d бўлган иккита S_1 ва S_2 тиркишдан ўтаётган λ тўлқин узунликли (монохроматик) ёруғлик нури кўрсатилган. Ёруғлик нури тиркишлардан ўтгандан сўнг ҳамма томонга тарқалади, рaсмда уч хил бурчак остида тарқалаётган нурлар келтирилган. 9.10а-рaсмда экран марказига ($\theta = 0$) тушаётган тўлқинлар кўрсатилган. Бунда, экранга ҳар бир тиркишдан ўтаётган тўлқин бир хил масофа босиб ўтиб, бир хил фазада этиб боради. Бу ҳолда интерференциянинг кучайиши кузатилади ва экран марказида ёруғ доғ ҳосил бўлади. Бир хил тўлқин узунликида икки тўлқиннинг босиб ўтган йўллар фарқи бир хил бўлса, ҳар доим интерференциянинг кучайиши кузатилади 9.10б-рaсм. Лекин нурлардан бири қўшимча ярим тўлқин масофа ўтса, иккала тўлқин қарама-қарши фазада экранга тушади ва интерференциянинг сусайиши кузатилади, экранда қора доғ ҳосил бўлади. Шу йўл билан кетма-кет ёруғ ва қора йўл (чизик) лар ҳосил бўлади 9.10в-рaсм.



9.10-рaсм

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ёруғликнинг қайтиш, синиш қонунларини таърифланг ва ифодасини ёзинг.
2. Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин назариясини тушунтиринг.
3. Ёруғлик нури икки муҳит чегарасига перпендикуляр тушганида синиш бурчаги нимага тенг бўлади?
4. Когерент тўлқинлар таърифини айтинг.
5. Интерференция ҳодисасини тушунтиринг.
6. Интерференциянинг максимум ва минимум шартларини изоҳланг.

АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google.com