**6-lekciya. Jaqtılıq nurları.**

**Reje:**

1. Jaqtılıq nurınıń tábiyatı.
2. Jaqtılıq tolqınlarınıń kogerentligi hám monoxromatikligi.
3. Jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciyası.
4. **Jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciyasınbaqlaw usılları. Yung usılı**

1. **Jaqtılıq nurınıń tábiyatı**

        Jaqtılıq nurı tábiyatı tuwralı birinshi qıyallar  áyyemgi grekler hám mısrlıda payda bolǵan. XVII ásir aqırına kelip jaqtılıqtıń eki teoriyası I.Nyuton tárebinen  **korpuskulyar**  **teoriya**hám R.Guk hám X.Gyuygenc tárebinen  **tolqın  teoriyası** qáliplese basladı.

        Korpuskulyar teoriyaǵa tiykarıdan,  jaqtılıq nurı shashıratıwshı denelerden shıǵıwshı zarrachalar (korpuskulalar)  aǵımınan ibarat esaplanadı. Nyuton jaqtılıq bóleksheleri háreketi mexanika nızamlarıda boysınadı degen pikrde edi. Mısal ushın,  jaqtılıqtıń keri shaǵılısıwı elastik shariktiń tegislikden urılıp shaǵılısıwına uqsatıladı.

        Jaqtılıqtıń sınıwı jaqtılıq bóleksheleriniń bir ortalıqtan ekinshisine ótiwinde,  tezligin ózgeriwi bolsabine júz bolide deptusın tiriledi. Korpuskulyar teoriya boyınsha vakuum-ortalıq shegarasında jaqtılıqtıń sınıwı tómendegi nızamǵa boysınadı:

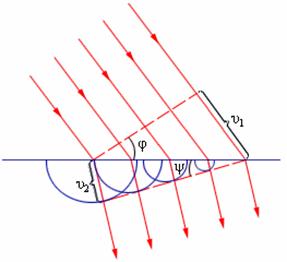
clip_image002 ,                                   (1.1)

bul jerde c- jaqtılıqtıń vakuumdaǵı tezligi,  υ - jaqtılıqtıń ortalıqtaǵı tarqalıw tezligin ańlatadı. Korpuskulyar teoriyaǵa tiykarıdan n > 1 bolǵan halda,  jaqtılıqtıń ortalıqtaǵı tarqalıw tezligi clip_image004 vakuumdaǵı tarqalıw tezligi c den úlken bolıwı kerek. Nyuton interferenciya tábiyat kórinisin payda bolıwın jaqtılıq shıǵıwı hám tarqalıwı menen baylanıslı processlerde qandayda udayı tákirarlanatuǵınlıq bar degen shamalarǵa tiykarıdan túsintiriwge háreket etdi.

        Solay etip,  Nyutonnıń korpuskulyar teoriyası tolqın elementlerine uqsas qıyallardı óz ishine ala basladı.

         Korpuskulyar teoriyadan ayrıqsha túrde,  jaqtılıqtıń tolqın teoriyası jaqtılıqtıń mexanik tolqınlarǵa uqsas,  tolqın processinen ibarat dep esaplaydı.

         Tolqın teoriyası tiykarında **Gyuygenc principi** turadı. Gyuygenc principine tiykarıdan,  tolqın jetip barǵan hár bir noqat ekilemshi tolqınlar deregige aylanadı,  derekti qorshap alıwshı iymek sızıq keyingi momentdegi tolqın frontı jaǵdayın belgileydi,  Gyuygenc principine tıykarlanıp jaqtılıqtıń shaǵılısıw hám sınıw nızamların ańsatǵana tastıyıqlaw múmkin.



**1-súwret. *Eki* tınıq ortalıq shegarasında ekilemshi tolqınlar derekleri payda bolıwı**

  1-súwretde, eki tınıq ortalıq shegarasında,  sınǵan tolqınlar tarqalıw baǵıtların anıqlawshı Gyuygenc sızılmaları súwretlengen. Tolqın teoriyası vakuum-ortalıq shegarasında jaqtılıqtıń sınıwın tómendegi ańlatpa menen tarıyplaydı:

clip_image008     ,                          (1.2)

Tolqın teoriyası tiykarında alınǵan sınıw nızamı Nyutonnıń sınıw nızamına  keri bolıp tabıladı.   Tolqın teoriyası jaqtılıqtıń ortalıqtaǵı tarqalıw tezligi vakuumdaǵı tezliginen kishi ekenligin tastıyıqlaydı.



          Solay etip,   XVIII  ásir baslarında jaqtılıq tábiyatın túsintiriwde bir-birine qarsı bolǵan eki jantasıw bar edi:  Nyutonnıń  korpuskulyar  teoriyası  hám  Gyuygencning  tolqın  teoriyası.  Bul eki  teoriyalar  jaqtılıq  nurınıń  tuwrı  sızıqlı  tarqalıwın,  sınıw   hám  shaǵılısıw  nızamların túsindirip bere aladı.

         XVIII ásirdi-bul eki teoriyalar ortasındaǵı gúres ásiri dep atay basladı.  XIX ásir baslarında bul halat túpten ózgerdi.

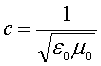
         Tolqın teoriyası-korpuskulyar teoriyadan ústin bola basladı. Buǵan ingliz fizigi T. Yung hám francuz fizigi O. Frenel tárebinen interferenciya hám difrakciya hádiyseleriniń ilimiy izlew nátiyjeleri sebep boldı.

1851 jılda J. Fuko zárúrli áhmiyetke iye bolǵan tolqın teoriyasınıń tájiriybelik tastıyǵın aldı,  suwda jaqtılıqtıń tarqalıw tezligin ólshep, clip_image012 ekenligin tastıyıqladı.

         1865 jılda Maksvell jaqtılıqtıń elektromagnit teoriyasın jarattı: ol jaǵdayda jaqtılıq hár qıylı ortalıqlarda



tezlik penen tarqalatuǵın,  júdá qısqa elektromagnit tolqınlardan ibarat dep esapladı. Jaqtılıqtıń vakuumdaǵı tarqalıw tezligi



ge  teń ekenligi tastıyıqlandı.

         Maksvell teoriyası jaqtılıqtıń nurlanıw hám yutilish procesin,  fotoelektrik effektti  hám Kompton shashırawın túsindire almadı. Tap soǵan uqsas,  Lorenc teoriyası da,  jaqtılıqtıń zatlar menen óz-ara tásirin,  atap aytqanda,  qara deneniń ıssılıq nurlanıwındaǵı tolqın uzınlıǵına baylanıslı energiya bólistiriwin túsindire almadı.

         M. Plank tárebinen usınıs etilgen gipotezaǵa tiykarıdan,  jaqtılıqtıń nurlanıwı hám jutılıwı úzliksiz bolmay,  **diskret**  qásiyetke iye,  yaǵnıy anıq porciyadan  (kvantlardan)  ıparat esaplanadı. Bul kvant energiyası tómendegishe ańlatıladı:

clip_image018    ,                                      (1.3)

bul jerde  h-Plank pudamǵısı. Plank gipotezası qara deneniń ıssılıq nurlanıwın da ańsat túsindire aldı.

         1905 jılda A.Eynshteyn **jaqtılıqtıń kvant** teoriyasın jańalıq ashtı. Bul teoriyaǵa tiykarıdan,  jaqtılıq nurlanıwı hám tarqalıwı **fotonlar-jaqtılıq kvantları aǵımı**kórinisinde júz berip, olardıń energiyası tómendegi qatnas penen anıqlanadı:

clip_image020   ,                           (1.4)

Jaqtılıqtıń tarqalıw nızamları,  jaqtılıqtıń zatlar menen óz-ara tásiri tuwralı teoriyalar jaqtılıq quramalı qásiyetke iye ekenlınin kórsetedi.  (1.3) -hám  (1.4) -ańlatpalardan kórinip turıptı, olda,  jaqtılıq háreketindegi korpuskulyar hám elektromagnit tolqın hárakterları ulıwmalıqka iye ekenlınin kórsetip turıptı. Solay eken jaqtılıq tábiyatı **korpuskulyar-tolqın dualizmi** oyda sáwlelendiriwinen ibarat esaplanadı.

1. **Jaqtılıq tolqınlarınıń kogerentligi hám monoxramatikligi**

          Tolqın interferenciyası baqlanıwı shárti olardıń **kogerentliginde bolıp tabıladı**,  yaǵnıy talayǵana terbelmeli hám tolqın processleriniń waqıt boyınsha hám keńislikte bir-birine muwapıq túrde keshiwi bolıp tabıladı.

clip_image022

 Ámelde, birden-bir jaqtılıq deregi qatań monoxramatik jaqtılıq tolqınları shıǵarmaslıni sebepli, qálegen bir-birine  baylanıslı  balmaǵan  jaqtılıq  derekleri  nurlanıp atırǵan  jaqtılıq  tolqınları  mudamı  kogerent emes bolıp tabıladı. Sol sebepli,  tájiriybede bir-birine  baylanıslı  balmaǵan  dereklerden  shıqqan  jaqtılıq  tolqınları  bir-birin  ústine  tússe  de  interferenciya  hádiysesi  baqlanbaydı.

        Eki bir-birine  baylanıslı  balmaǵan  jaqtılıq  dereklerinen  shıǵıs  jaqtılıq  tolqınlarınıń  kogerent emesligi hám nomonoxramatikliginiń fizikalıq sebebi,  atomlardıń  jaqtılıq  shıǵarıw  mexanizminde bolıp tabıladı.

        Eki  bólek  jaqtılıq  deregigde  atomlar  jaqtılıqtı  bir-birine  baylanıslı  balmaǵan  halda  shıǵaradı.  Hár  bir  atomda  jaqtılıq  nurlanıw  procesi  shegaralanǵan  hám  qısqa  waqıt   (1-8 s)  dawam etedi.  Bul  waqıtta  energetik  qozǵatılǵan  atom óziniń  túp  halına  shaǵılısadı hám ol jaqtılıq shıǵarıwın toqtatadı. Atom qayta qozǵalıp taǵı jańa baslanǵısh faza menen  jaqtılıq  tolqınların shıǵara baslaydı.

         Hár  bir  jańa  nur  shıǵarıw  processinde eki bir-birine  baylanıslı  balmaǵan  atom  nurlanıwları  arasındaǵı fazalar ayırması ózgergeni ushın atomlardan óz  halınsha  shıqqan  jaqtılıq  tolqınları kogerent emes boladı.

  Atomlardıń  1-8 sek waqıt keńliginde shıǵaratuǵın jaqtılıq tolqınları shama menen turaqlı terbelis amplitudası hám fazasına iye boladı. Kerisinshe,  úlken waqıt interhámlında tolqınlardıń amplitudaları hám fazaları ózgerip turadı.

         Atomlardıń bólek qısqa impul'sga óxshash úzik-úzik jaqtılıq nurlanıwı-**tolqın kúshi** yamasa **tolqınlı dizbesi** dep ataladı.

         Bir atomning izbe-iz shıǵarǵan dizbeleriniń baslanǵısh fazaları bir-birinen parqı etedi.

         Qálegen nomonoxramatik jaqtılıq tolqınların bir-birin ornın alatuǵın,  bir-birine baylanıslı balmaǵan garmonik sistemalar kompleksinen ıparat dep esaplaw múmkin. Bir sistemanıń ortasha dawam etetuǵın waqtı clip_image024 -**kogerentlik waqtı** dep ataladı.

         Solay eken, kogerentlik tek bir dizbe dawamında  saqlanıp,  kogerentlik waqtı nurlanıw waqtınan artıq bola almaydı  clip_image026.

         Egerde jaqtılıq tolqını bir tekli ortalıqta tarqalıp atırǵan bolsa, ol halda keńisliktiń málim noqatındaǵı tolqın fazası tek kogerentlik waqtı dawamında saqlanıp turadı. Bul waqıt ishinde,  vakuumda,  jaqtılıq tolqını clip_image028  aralıqqa shekem tarqaladı,  bul aralıq  **kogerentlik uzınlıǵı** (yamasa dizbe uzınlıǵı)  dep ataladı.

         Solay etip,  kogerentlik uzınlıǵı sonday aralıq,  bul aralıqtı ótken bir neshe tolqınlar kogerentligin joytıwǵa úlgere almaydı.

         Solay eken jaqtılıq tolqınları interferenciyasın baqlaw ushın optik jol parqları kogerentlik uzınlıǵınan kishi bolıwı zárúr.

         Egerde tolqınlar monoxramatik bolsa,   jiyilik spektri keńligi kishi bolıp,  kogerentlik waqtı clip_image024 -úlken boladı,  clip_image030 kogerentlik uzınlıǵı bolsa uzın boladı. Keńisliktiń birdan bir  noqatında baqlanatuǵın terbelisler kogerentligi-**waqıtlı kogerentlik** dep ataladı.

         Interferenciya hádiysesini baqlaw imkaniyatın beretuǵın eki jaqtılıq derek'ınıń ólshemleri hám óz-ara jaylasıwı **keńislikdegi kogerentlik** dep ataladı.

         Keńislikdegi kogerentlik uzınlıǵı  (yamasa **kogerentlik radiusı**)  dep, kóndeleń baǵıtta tolqın tarqalıwdıń maksimal aralıǵına aytıladı.

clip_image032clip_image034

 bul jerde λ-jaqtılıq tolqınları uzınlıǵı, φ-derektıń múyeshtegi ólshemi.

         Quyash nurlarınıń múmkin bolǵan eń kishi kogerentlik radiusı  (Jerden Quyashtıń múyesh ólshemi clip_image036 radian hám clip_image038 mkm)   0,05 mm quraydı.

         Bunday kishi kogerentlik radiusında,  insan kóziniń anıqlaw múmkinshiligi shama menen 0,1 mm quralǵanlıǵı ushın,  tuwrıdan-tuwrı Quyash nurlarınıń interferenciyasın baqlaw múmkin emes.

1. **Jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciyası**

         Oylayıq, eki monoxramatik jaqtılıq tolqınları bir-biriniń ústine túsip,  keńisliktiń belgilengen noqatında bir qıylı jiyilikli tolqınlardı qozǵatsın

clip_image040 hám clip_image042

 X-degende tolqınlardıń e  elektr hám N magnit maydanları kernewliliklerin oyda sáwlelendiremiz. e hám N vektorlar bir-birine perpendikulyar bolǵan tegisliklerde oynaydı, elektr hám magnit maydanları kernewliliklerı  bolsa,  superpoziciya principine boysınadı. Berilgen noqatdaǵı juwmaqlawshı terbelis amplitudası tómendegige teń bolıp tabıladı.

clip_image044

         Tolqınlar kogerent bolǵanı ushın,     clip_image046   waqıt boyınsha turaqlı mániske iye boladı,  usınıń sebebinen juwmaqlawshı tolqın jedelligi tómendegishe ańlatıladı:

clip_image048 ,                    (3.1)

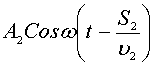
 bul jerde I = A2. cos (φ2 - φ1) > 0 bolǵan noqatlarda tolqın jedelligi  I > I1 + I2ga teń.   cos(φ2-φ1)  < 0,  bolǵan noqatlarda tolqın jedelligi  I < I1+ I2ge teń.

         Solay eken, eki kogerent jaqtılıq tolqınları bir-biriniń ústine túskende jaqtılıq aǵımınıń keńislikdegi qayta bóliniwi baqlanıp,  ayırım noqatlarda tolqın jedelliginiń maksimumı,  basqa noqatlarda minimumı baqlanadı. Bul hádiyse **jaqtılıq tolqınınıń interferenciyası** dep ataladı.

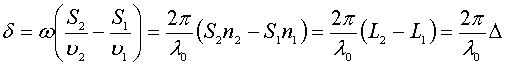
         Kogerent emes tolqınlar ushın fazalar ayırması φ2-φ1 úzliksiz ózgerip turadı,   waqıt boyınsha cos  (φ2-φ1)  diń ortasha mánisi nolge teń bolǵanlıǵı ushın, juwmaqlawshı tolqın jedelligi barlıq jerde birqıylı boladı,   I1=  I2bolǵanda 2I1 ge teń boladı.

         Jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciyasın baqlaw ushın kogerent jaqtılıq tolqınlarıda iye bolıw kerek. Kogerent jaqtılıq tolqınların alıw ushın bir derekten shıqqan tolqındı eki tolqınǵa ajıratıw usılınan paydalanıladı. Bul eki tolqın hárqıylı optik jol basıp,  bir-birin ústine túskende interferenciya tábiyat kórinisi baqlanadı.

         Mısalı,  belgilengen 0 noqatda tolqın eki kogerent tolqınlarǵa bóleklengen bolsın. Interferenciya tábiyat kórinisi baqlanatuǵın M noqatqa shekem birinshi tolqın n1sındırıw kórsetkishine iye bolǵan ortalıqta  S1 jol basadı, ekinshi tolqın bolsa,  n2sındırıw kórsetkishine iye bolǵan ortalıqta S2 jol basadı.

        Egerde O noqatda terbelis fazası ωt bolsa,  M noqatda birinshi tolqın clip_image050 terbelis, ekinshi tolqın bolsa  terbelis payda etedi. Bul jerde clip_image054,  clip_image056,  sáykes túrde birinshi hám ekinshi tolqınlardıń fazalıq tezlikleri bolıp tabıladı.

         M noqatda tolqınlar payda etken terbelisler fazaları ayırması



ge teń boladı. Berilgen ortalıqta Sn = L jaqtılıqtıń **optik jol uzınlıǵı** dep ataladı,  clip_image060bolsa **optik jol ayırması** dep ataladı.

         Egerde optik jol ayırması vakuumda pútin tolqın sanlarıda teń bolsa

clip_image062     ,                          (3.2)

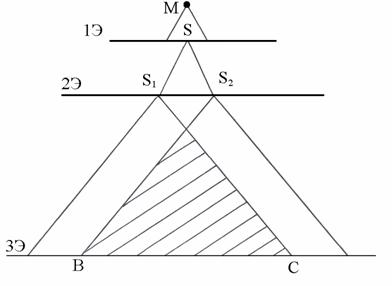
fazalar ayırması  2mλ0 ga teń boladı hám Mnoqatda eki tolqın payda etken tolqınlar birdey fazada boladı.  Bul bolsa interferenciya  **maksimumınıń baqlaw shártin ańlatadı.** Egerde optik jol ayırması:

clip_image064  ,     clip_image066  ,                   (3.3)

 bolsa, ol holda clip_image068 ǵa teń boladı hám  M  noqatda eki tolqın payda etken terbelisler bir-birine keri fazada boladı. Bul ańlatpa interferciyanıń **minimumın baqlaw** shárti bolıp xızmet etedi.

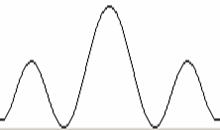
1. **Jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciyasın baqlaw usılları. Yung usılı**

         M derekten shıqqan monoxromatik jaqtılıq tolqını S tar sańlaqlı 1 ekranǵa túsedi   (11-súwret)  hám onnan ótip S1 hám S2 sańlaqlı 2 ekranǵa túsedi.



**11-súwret. Jaqtılıq tolqınları interferenciyasın baqlawdıń Yung usılı**

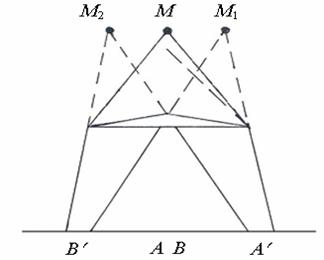
Bul eki sańlaq eki kogerent tolqınlar deregi esaplanadı. S1 hám S2 sańlaqdan shıqqan kogerent tolqınlar E ekranda bir-biriniń ústine túsip VS tarawda interferenciya tábiyat kórinisin payda etedi. VS tarawdaǵı kórsetilgenlik bólistiriwi 12-súwretde keltirilgen.

VS

**12-súwret. Yung usılındaǵı interferenciya tábiyat kórinisi**

**Biprizmadaǵı Frenel tájiriybesi**

          Biprizma-úsh tárepli shiyshe prizmadan ibarat bolıp, onıń tárepleri arasındaǵı bir múyeshi 180o ǵa jaqın boladı  (13-súwret) .

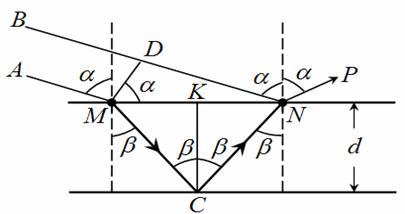


**13-súwret. Biprizmadaǵı Frenel tájiriybesi**

          M derekten jaqtılıq tolqınları biprizmaǵa túsedi,  biprizmanıń shep tárebi jaqtılıq tolqınların ońǵa oǵdirib ekrannıń AA' noqatları arasına baǵıtlaydı.  Biprizmanıń ońı jaqtılıq tolqınların shep tárepge oǵdirib ekrannıń BB' noqatları arasına baǵıtlaydı. Jaqtılıq nurların keyin basıp qaytarıp M1 hám M2 abstrakt súwretlerdi payda etemiz hám ekranda bolsa jaqtılıq tolqınlarınıń interferenciya tábiyat kórinisin baqlaymız.

**Juqa tınıq plastinkada jaqtılıq interferenciyası**

         Parallel jaqtılıq tolqınları dástesi α-múyesh astında d qalıńlıqtaǵı,  juqa plastinkanıń  MN  joqarı qırına tushsin  (14-súwret) . AM nur β-múyesh astında sınıp,  tómen qırdıń S noqatınan shaǵılısıp N noqatda taǵı sınıp NP baǵıtta sırtına shıǵadı.



**14-súwret. Juqa tınıq plastinkadaǵı jaqtılıq interferciyası**

         Ekinshi DN nur N noqatqa túsip,  β múyesh astında shaǵılısıp, ol da NP baǵıtta tarqaladı. eki nur kogerent bolıp,  optik jol ayırmasına iye boladı bolıp tabıladı,  usınıń sebebinen alar interferenciya tábiyat kórinisin payda etedi.

         Bul eki nur arasındaǵı geometrik jol ayırması

clip_image078

ga teń. óz gezeginde MS

clip_image080

 ǵa teń,

clip_image082,

 sebebi,   clip_image084 bolıp tabıladı.

clip_image086 ekenligin esapqa alıp

clip_image088

teńlikke iye bolamız.

         Interferenciya tábiyat kórinisi tek geometrik jol ayırmasına baylanıslı bolmay,  tolqınlardıń fazalar ayırması hám ortalıqtıń qásiyetine de baylanıslı.

         Birinshi nur S noqatda kishi tıǵızlıqlı ortalıqtan  (hawa yamasa vakuumnan),  N noqatda bolsa qısıqlıǵı úlken bolǵan ortalıqtan shaǵılısadı,  nur fazası sekirip ózgerip,  jol ayırması clip_image090 ge asıpdı.

Ol halda optik jol ayırması

clip_image092

ge teń boladı.

         Optik jol ayırması mλ ǵa teń bolsa,  shaǵılısqan jaqtılıq nurları kúsheyedi hám onıń shárti tómendegishe boladı:

clip_image094

Yamasa

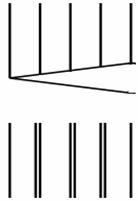
clip_image096

Optik jol ayırması clip_image098 ga teń bolsa,  shaǵılısqan jaqtılıq nurları hálsireydi  hám onıń shárti tómendegishe boladı.

clip_image100

yamasa

clip_image102



**15-súwret. Birdey qalıńlıq kórinistegi interferenciya tábiyat kórinisin baqlaw**

         15 - súwretde oralarında ponaǵa uqsas juqa hawa qatlamı bar bolǵan shiyshe plastinka keltirilgen. Plastinkalar joqarıdan kórsetilgende jaqtılıq nurları ponanıń eki betınan shaǵılısadı,  nátiyjede parallel jaqtı hám qarańǵı jolaqlardan ibarat interferenciya tábiyat kórinisi baqlanadı. Bul jerde baqlanatuǵın jaqtı jolaqlar **birdey qalıńlıq sızıqları** dep ataladı.