

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM
VAZIRLIGI
QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
ELEKTR ENERGETIKA FAKULTETI**

**YORUG‘LIK INTERFERENSIYASI
MAVZU BO‘YICHA**

REFERAT

BAJARDI:

TJA-173 talabasi. Davlatov SH.

QABUL QILDI:

Fizika kafedrasi o‘qituvchisi: Ismoilov D.M.

YORUG'LIK INTERFERENSIYASI

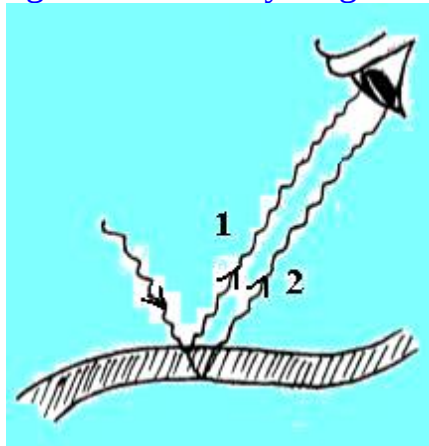
Reja:

1. Interferensiya hodisasi
2. Nyuton xalqalari. Yung tajribasi
3. Interferension had tushunchasi va kogerentlik muammosi
Xulosa.

KIRISH

Interferensiya - yorug'likni to'lqin tabiatini namoyon bo'lishining bir isbotidir. Interferensiya so'zi lotin tilida interfere – **“xalaqit bermoq”** degan ma'noni anglatadi. Bu juda qiziq va chiroyli manzara ma'lum shartlar bajarilganda, ikkita yoki bir nechta to'lqinlarning qo'shilishi natijasida kuzatiladi. Ikki yorug'lik to'lqini qo'shilib, bir-birini kuchaytiradi yoki susaytiradi. Natijada ekranda markazi bir nuqtada yotuvchi yorug' va qorong'i halqalar navbat bilan joylashadi. Bular interferension maksimum va minimum deb yuritiladi. Interferensiya hodisasini biz kundalik hayotimizda juda ko'p kuzatganmiz. Masalan, suv betiga to'kilgan neft maxsulotlarining har xil rangda tovlanishi, kapalaklar qanotining tovlanishi, **«Havoga uchirilgan sovun pufagi atrofdagi narsalarga xos bo'lgan barcha ranglar bilan tovlanadi. Sovun pufagini tabiatning eng ajoyib, eng nozik mo'jizasi desa bo'ladi»** deb ta'riflagan edi Mark Tven.

Sovun pufagining kishiga shunchalik zavq baxsh etishiga xuddi ana shu yorug'lik interferensiyasi sababdir. Ingliz olimi Tomas Yung yupqa pardalarning har xil rangda tovlanish sababini biri pardaning tashqi yuzasidan, ikkinchisi esa ichki yuzasidan qaytuvchi 1 va 2 to'lqinlarning (2.1-rasm) qo'shilishidan deb tushuntirish mumkin, degan genial fikrni maydonga tashladi.



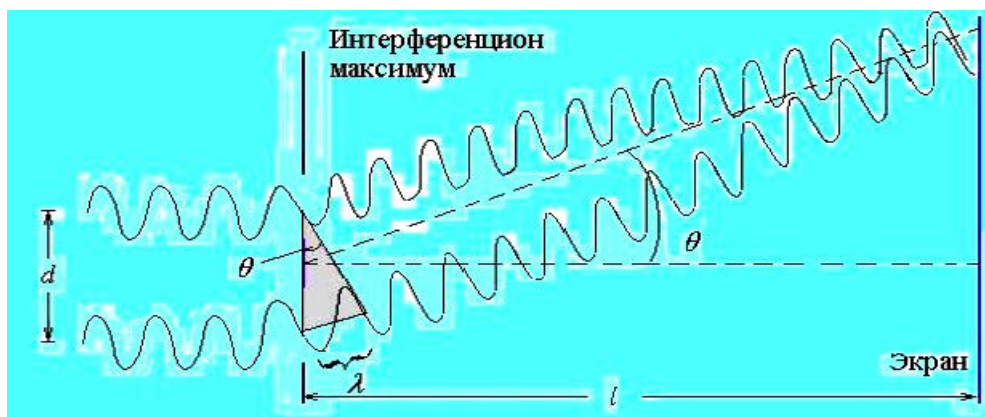
1-pacm

Bunda yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasi sodir bo'ladi - ikki to'lqin qo'shiladi, buning oqibatida natijaviy (yig'indi) yorug'lik tebranishlari fazoning turli nuqtalarida kuchayadigan yoki zaiflashadigan vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan manzara ko'zatiladi.

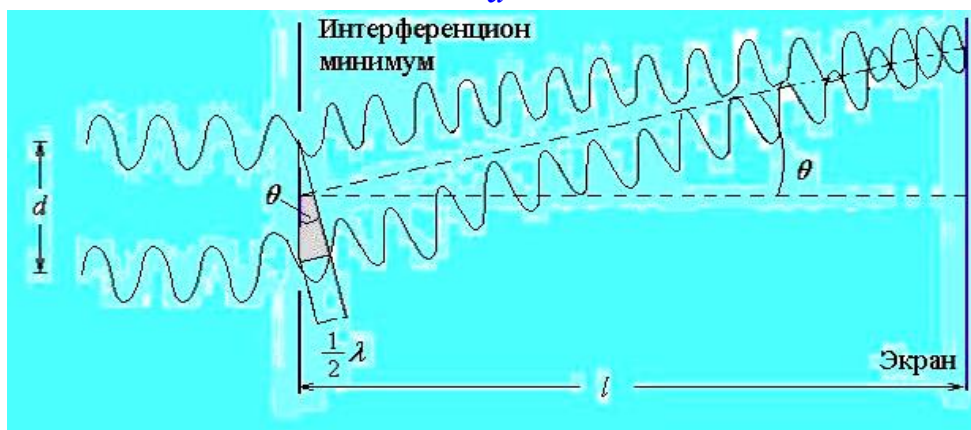
Interferensiya (yig'indi tebranishlarining vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan manzara ko'zatiladi. kuchayishi yoki zaiflashuvi) natijasi yorug'likning pardaga tushish burchagi, pardaning qalinligi va to'lqin uzunligiga bog'liq.

Agar singan ikkinchi to'lqin qaytgan birinchi to'lqindan to'lqinlar uzunligining butun soni qadar kechiksa, yorug'lik kuchayadi (2.2a-rasm). Agar ikkinchi to'lqin birinchi to'lqindan to'lqin uzunligining yarim to'lqinlarining toq soni qadar kechiksa, yorug'lik zaiflashadi (2.2b-rasm). To'lqinlarning qo'shilishida turg'un interferension manzara hosil bo'lishi tuchun to'lqinlar kogerent bo'lishi, ya'ni ularning to'lqin uzunliklari bir xil va fazalari farqi o'zgarmas bo'lishi kerak.

Pardaning tashqi va ichki yuzalaridan qaytgan to‘lqinlarning kogerent bo‘lishiga sabab shuki, bu to‘lqinlarning ikkalasi ham bitta yorug‘lik dastasining qismlaridir.



a



b

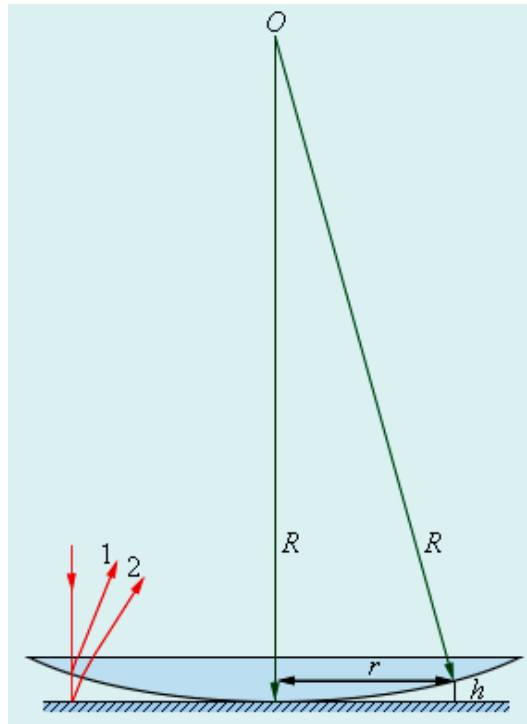
2-rasm.

Ikki odatdagi mustaqil manbadan chiqadigan to‘lqinlarga kelsak ular interferensiyon manzara hosil qilmaydi, chunki bunday manbalardan chiqadigan ikki to‘lqinning fazalari farqi doimiy emas.

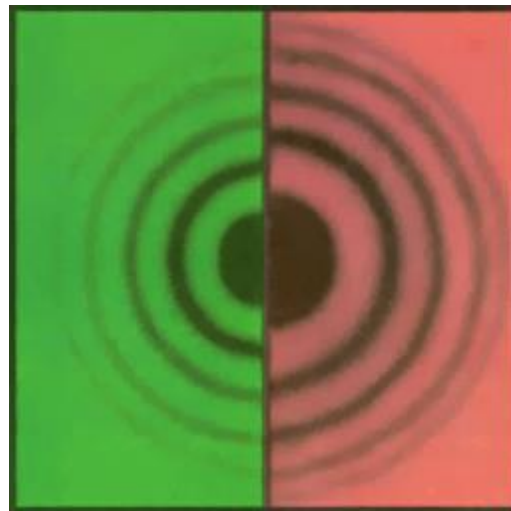
Yung rangdagi farq to‘lqin uzunligidagi (yorug‘lik to‘lqinlarning chastotasidagi) farqda ekanligini ham tushundi.

2. Nyuton xalqalari. Yung tajribasi

Laboratoriya sharoitida interferensiya hodisasini birinchi marta kuzatishga Nyuton muvoffaq bo‘ldi. Bu tajribaning mohiyati quyidagidan iborat: Linza bilan o‘zaro tegib turgan shisha plastinkadan yorug‘likning qaytishi natijasida konsentrik halqalar vujudga keladi. Bu halqalar fanda Nyuton halqalari deb nom olgan (2.3-rasm). Birinchi nur linzadan o‘tib, shisha plastinkadan qaytib (havo qatlamining ichki va tashqi chegarasidan) linzaning chegarasidan qaytgan ikkinchi nur bilan qo‘shilib interferensiyon manzarani hosil qiladi.

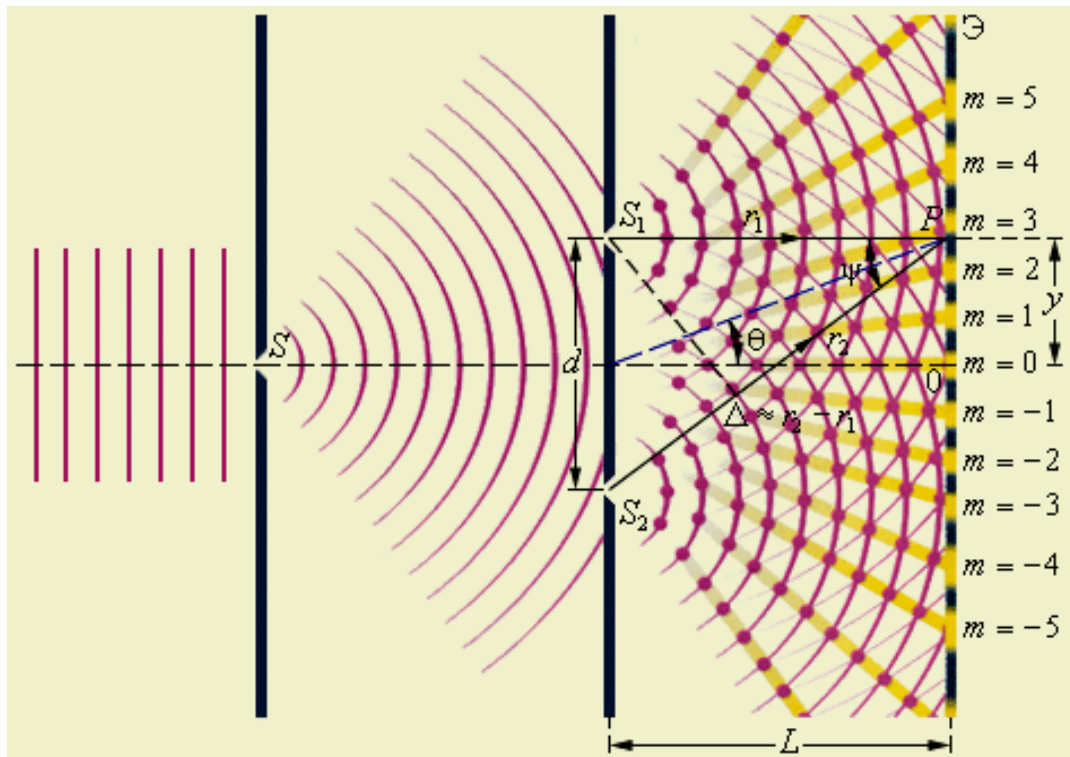


3- rasm. Nyuton halqalarini kuzatish.



4-rasm. Nyuton halqalarining yashil va qizil nurlarda hosil bo'lishi.

Nyuton interferension halqalarni hosil bo'lishini korpuskulyar nazariya nuqtai nazaridan tushuntira olmadi, lekin Nyuton yorug'likda qandaydir davriylik borligini tushunardi. Tarixda birinchi marta interferensiya hodisasi Yung tajribasida (1802 yil) to'lqin nuqtai nazaridan kelib chiqib tushuntirildi. 2.5-rasmدا Yung tajribasini chizmasi keltirilgan. Yorug'lik dastasi S tirqishdan o'tib S_1 va S_2 tirqishlarga tushadi, S_1 va S_2 tirqishlardan o'tgan yorug'lik dastalari $\mathfrak{E}$ ekranda interferension maksimum va minimumdan iborat interferension manzarani hosil qiladi.



5-rasm. Yung tajribasining chizmasi.

Ikkita bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan manbalardan chiqqan yorug‘lik dastalari qo‘shilgani bilan turg‘un interferension manzara hosil bo‘lmasligini Yung birinchi bo‘lib tushundi. Shuning uchun ham uning tajribasida S_1 va S_2 tirqishlarni Gyuygens prinsipidagidek ikkilamchi to‘lqin manbai deb hisoblash mumkin. S_1 va S_2 manbalardan chiqqan yorug‘lik P nuqtaga yetguncha r_1 va r_2 masofalarni bosib o‘tadi va natijada yo‘llar farqi bo‘lgani uchun ular P nuqtaga har xil fazada yetib keladi. Yorug‘ va qorong‘i interferension halqalarning hosil bo‘lishi o‘zgaras fazalar farqida, kuzatish nuqtasida superpozitsiya prinsipiga asosan amalga oshadi. Fazalar farqi o‘zgaras yoki bir xil bo‘lgan to‘lqinlar kogerent to‘lqinlar deyiladi. Kogerent to‘lqinlar bir manbadan olinadi. $\vec{r}$ radius-vektor yo‘nalishida tarqaluvchi **monoxromatik to‘lqinni** quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \alpha \cos(\omega t - kr), \quad (2.1)$$

α - to‘lqin amplitudasi, $k = 2\pi / \lambda$ - to‘lqin soni, λ - to‘lqin uzunligi, $\omega = 2\pi\nu$ - aylanma chastota, E elektr maydon kuchlanganligi. P nuqtadagi ikkita to‘lqinning qo‘shilishi natijasida hosil bo‘lgan natijaviy tebranish quyidagiga teng.

$$E = \alpha_1 \cdot \cos(\omega t - kr_1) + \alpha_2 \cdot \cos(\omega t - kr_2) = A \cdot \cos(\omega t - \varphi). \quad (2.2)$$

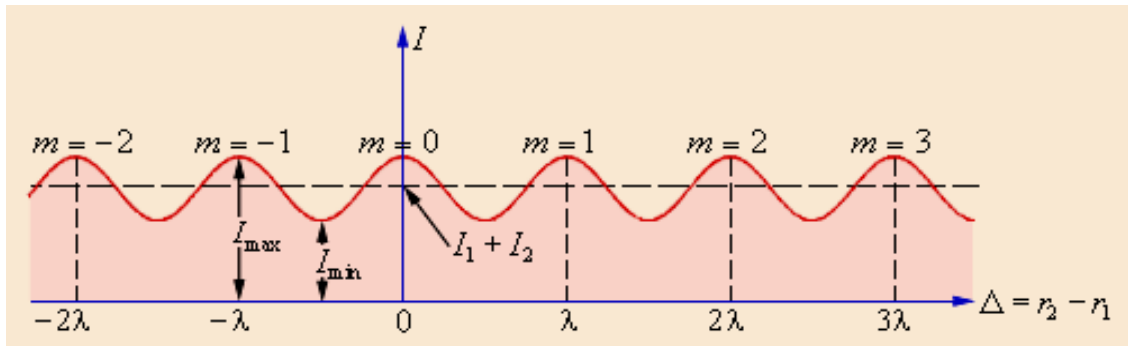
A - natijaviy tebranish amplitudasi, ω - chastota, φ - boshlang‘ich fazasi.

To‘lqin amplitudasi kvadratiga teng bo‘lgan kattalik **intensivlik** deb ataladi: $I \sim A^2$. Murakkab bo‘lmagan trigonometrik almashtirishlar P nuqtada natijaviy tebranish intensivligi quyidagiga tengligini ko‘rsatadi:

$$I = A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos k\Delta = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos k\Delta, \quad (2.3)$$

$\Delta = r_2 - r_1$ - yo‘llar farqi. Bu ifodadan ko‘rinadiki, interferension maksimum (yorug‘ halqa) $\Delta = m\lambda$ ($m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) shart bajarilganda kuzatiladi va

$I_{\max}(a_1+a_2)^2 > I_1+I_2$ bo'ladi. Interferension minimum (qorong'i halqa) $\Delta = m\lambda + \lambda/2$ bo'lganda kuzatiladi va $I_{\min}(a_1-a_2)^2 < I_1+I_2$ bo'ladi. Quyidagi 2.6-rasmda Δ yo'llar farqidan bog'liq bo'lgan interferension manzarada yorug'lik intensivligining taqsimlanishi keltirilgan.



6-rasm. Interferension manzarada intensivlikning taqsimlanishi m ning butun qiymatlari interferension maksimumga to'g'ri keladi.

Agar $I_1 = I_2 = I_0$ bo'lsa (2.4) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I = 2I_0(1 + \cos k\Delta). \quad (2.4)$$

Bu holda $I_{\max}=4I_0$, $I_{\min}=0$ bo'ladi.

(2.3) va (2.4) ifodalar umumiy hisoblanadi. Har qanday interferension sxema uchun qo'llash mumkin, ya'ni bir xil chastotali ikkita qo'shiluvchi monoxromatik to'lqin uchun P kuzatish nuqtasida farq Δ yo'llar farqi tufayli hosil bo'ladi. Agar Yung tajribasida ekran markazdan kuzatish nuqtasi P gacha bo'lgan masofani y deb belgilasak (2.6-rasm), $d \ll L$ va $y \ll L$ holat uchun (optik tajribalarda asosan bu shart bajariladi), yo'llar farqi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta \approx d \cdot \theta \approx \frac{d \cdot y}{L} \quad (2.5)$$

Koordinata – y o'qining masofaga siljishi **interferension yo'l kengligiga** Δl teng, ya'ni qo'shni maksimumlar yoki minimumlar orasidagi masofa. Bu vaqtda Δ yo'llar farqi bir λ to'lqin uzunligiga o'zgaradi. Ya'ni

$$\frac{d \cdot \Delta l}{L} = \lambda \quad \text{yoki} \quad \Delta l = \frac{L \cdot \lambda}{d} \approx \frac{\lambda}{\psi}, \quad (2.6)$$

ψ - burchak P kuzatish nuqtasida S_1 va S_2 manbalardan kelayotgan nurlarning ajralish burchagi.

Miqdoriy baholash o'tkazamiz. Faraz qilamizki, tirqishlar orasidagi masofa $d=1$ mm, ekran bilan tirqish orasidagi masofa $L=1$ m, bunda $\psi = d/L = 0,001$ rad

bo'ladi. Yashil nur uchun ($\lambda=500$ nm) quyidagiga ega bo'lamiz: $\Delta l = \lambda / \psi = 5 \cdot 10^5 \text{ нм} = 0,5 \text{ мм}$. Qizil nur uchun ($\lambda=600$ nm) $\Delta l = 0,6 \text{ мм}$ bo'ladi. Shunday qilib, Yung birinchi marta aniqligi uncha yuqori bo'lmasada, yorug'lik to'lqin uzunligini o'lchadi.

Shuni aytish kerakki, **geometrik optikadan farqli, to'lqin optikasida nur tushunchasi fizik ma'nosini yo'qotadi. "Nur" tushunchasi to'lqin yo'nalishini belgilash uchun qisqa ma'noda ishlatiladi.** Kelgusida nur termini qo'shtirnoqsiz ishlatiladi.

Nyuton tajribasida (2.3-rasm) yassi sirtga nur perpendikulyar tushganda yo'llar farqi $2h$ ga teng bo'ladi, h – havo qatlami qalinligi. Agar $R \gg h$ deb hisoblasak quyidagiga ega bo'lamiz

$$h \approx \frac{r^2}{2R} \quad (2.7)$$

r – simmetriya o'qiga nisbatan siljishi. Yo'llar farqi uchun yozadigan bo'lsak 1 va 2 nurlarning har xil sharoitlarda qaytishini hisobga olish kerak. Birinchi nur shisha-havo chegarasidan qaytadi, ikkinchisi havo-shisha chegarasidan qaytadi. Birinchi holda qaytgan nur fazasi π ga o'zgaradi, bu vaqtda yo'llar farqi $\lambda/2$ ga ko'payadi. Shuning uchun

$$\Delta = 2h + \frac{\lambda}{2} \approx \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (2.8)$$

$r=0$ ya'ni markazda $\Delta = \lambda/2$; shuning uchun ham Nyuton halqalari markazida interferension minimum - qorong'i dog' kuzatiladi. Nyuton qorong'i halqalarining radiusi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}. \quad (2.9)$$

Bu ifoda orqali agar linzaning egrilik radiusi R aniq bo'lsa λ to'lqin uzunligini tajriba orqali aniqlash mumkin.

Interferension yo'l kengligi interferensiya tartibi (m) ga bog'liq bo'lmaydi. L va λ doimiy bo'lganda manbalar orasidagi masofa d ning kamayishi interferension yo'lining kengayishiga olib keladi, ya'ni manzara aniqlashadi. Ko'zga ko'rinadigan yorug'lik uchun $\lambda \sim 10^{-5} \text{ см}$ bo'lganligi sababli kuzatish uchun qulay bo'lgan aniq, interferension manzara $d \ll L$ da hosil bo'ladi. Mana shuning uchun ham kogerent manbalarni hosil qilishning hamma usullarida imkon boricha d ni kichik olish kerak.

Yorug' va qorong'i yo'llarning intensivliklarini $I_{\max}$ va $I_{\min}$ bilan belgilab interferension manzaraning kontrastligini xarakterlovchi quyidagi parametrni kiritamiz:

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Agar qorong'i yo'l intensivligi nolga teng bo'lsa, u holda $V = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} = 1$ bo'ladi, ya'ni kontrastlik eng katta bo'ladi.

Tekis yoritilganlik holida $I_{\max} = I_{\min}$ bo'lib, $V = 0$ bo'ladi. Shunday qilib, kontrastlikning mumkin bo'lgan qiymatlari $0 \leq V \leq 1$ chegarasida o'zgaradi.

3. Interferension had tushunchasi va kogerentlik muammosi

Yung nazariyasi ikkita bir xil chastotali monoxromatik to'liqlarning qo'shilishi tufayli hosil bo'ladigan interferensiya hodisasini tushuntirish imkoniyatini beradi. Biroq har kunlik tajribaning ko'rsatishicha interferensiya hodisasini kuzatish oson emas ekan.

Agar xonada lampochka yonib turgan bo'lsa har qanday istalgan nuqtada intensivliklar qo'shilishini kuzatish mumkin, lekin interferensiya kuzatilmaydi. Tebranishlar qo'shilgan qanday holatda interferensiya hosil bo'ladi, - real yorug'lik to'liqini monoxromatik bo'lmaydi degan savol to'g'iladi. Shunday savol tug'ilmasligi uchun ikkita xususiy holni qaraymiz. Buning uchun (2.3) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1). \quad (2.10)$$

α_1, α_2 - boshlang'ich fazalar.

Elektromagnit to'liqin nurlanishi atomlar tebranishi bilan bog'liq bo'lib, bu tebranishlar garmonik emas va har bir tebranish 10^{-8} sek. vaqt oralig'ida amalga oshadi. Bir atomning turli vaqtdagi va turli atomlarning bir paytdagi tebranishlari mustaqil ravishda amalga oshganligi uchun ular o'zaro faza bo'yicha bog'liq bo'lmasdan turli fazalarga ega bo'ladi. Demak, (2.10) bilan aniqlanadigan qo'shilish natijasi vaqtga bog'liq bo'ladi. Mana shuning uchun ham (2.10) ning vaqt bo'yicha o'rtacha qiymatini olamiz.

Yuqoridagi chiziq mos kattaliklardan vaqt bo'yicha olingan o'rtacha qiymatni ko'rsatadi.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \overline{\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (2.11)$$

(2.3) dagi I_1, I_2 lar vaqtga bog'liq emasligi tufayli intensivlikning o'rtacha qiymatini aniqlash uchun fazalar farqi kosinusining bu holdagi o'rtacha qiymatini aniqlash kifoya.

$$\overline{\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \cos(\alpha_2 - \alpha_1) dt, \quad (2.12)$$

bu yerda τ - kuzatish vaqti.

1-hol. Faraz qilaylikki: $\alpha_2 - \alpha_1 = \text{const}$ bo'lsin.

Bu holda (2.12) ga asosan:

$$\cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \frac{1}{\tau} \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \int_0^{\tau} dt = \cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \text{const}.$$

Demak,

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (2.13)$$

ya'ni,

$$I \neq I_1 + I_2 \quad (2.14)$$

(2.14) dan ko'rinadiki, qo'shiluvchi tebranishlarning fazalar farqi doimiy bo'lganda natijaviy intensivlik ayrim tebranishlar intensivliklarining yig'indisidan farq qiladi. Ya'ni interferensiya hodisasi yuzaga keldi. Kuzatish vaqti davomida fazalar farqi doimiy bo'ladigan tebranishlarning o'zaro qo'shilihi interferensiya hodisasiga olib keladi va bunday tebranishlarga kogerent tebranishlar deyiladi.

Ma'lumki turli chastota bilan tebranuvchi tebranishlar kogerent bo'la olmaydi, ammo bir xil chastotali hamma tebranishlar ham kogerent bo'la olmaydi.

Interferensiya (2.13) formulada uchinchi hadning mavjudligi natijasida amalga oshadi, shuning uchun ham bu hadga **interferension had** deyiladi.

Interferension had $2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1)$ qo'shiluvchi tebranishlarning **korrelyatsiyasini** (o'zaro aloqadorligini) xarakterlaydi.

2-hol. Qo'shiluvchi tebranishlarning fazasi ixtiyoriy ravishda o'zgarsin. Bu holda xaotik o'zgaruvchi fazalar teng ehtimoliyatlar bilan bir xil musbat va manfiy qiymatlarni qabul qiladi va uning kuzatish vaqti davomidagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladi, ya'ni,

$$\overline{\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = 0.$$

Demak:

$$\overline{I} = I_1 + I_2 \quad (2.15)$$

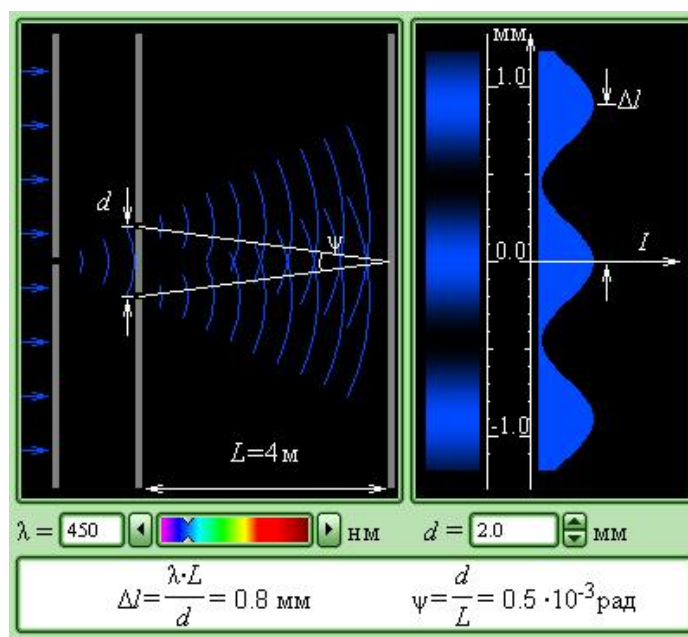
(2.15) dan ko'rinadiki, fazalar farqi xaotik ravishda o'zgarganda, intensivliklarning odatdagi qo'shilihi amalga oshadi, ya'ni interferensiya hodisasi bu holda kuzatilmaydi. Bunday tebranishlar kogerentmas tebranishlar deyiladi. Demak bir xil davrli ikki tebranish qo'shilishida ikki holni farq qilish kerak.

Elektromagnit to'lqin nurlanishi atomlar tebranishi bilan bog'liq bo'lib, bu tebranishlar garmonik emas va har bir tebranish ($\tau \leq 10^{-8}$ sek) vaqt oralig'ida amalga oshadi. Bir atomning va turli atomlarning bir vaqtdagi tebranishlari mustaqil ravishda amalga oshganligi uchun ular o'zaro faza bo'yicha bog'liq bo'lmasdan turli fazalarga ega bo'ladi, qo'shilish natijasi vaqtga bog'liq bo'ladi. Yorug'lik intensivligining o'zgarish chastotasi juda katta (10^{14} Gs) bo'lganligi tufayli bevosita ko'z yordamida bunday tez o'zgarishlarni kuzatish mumkin emas. Mana shuning uchun ham fazalar farqini vaqt bo'yicha o'rtacha qiymatini olish lozim. Интерференция kogerent tebranishlarni qo'shilihi tufayli hosil bo'ladi. Agar bu tebranishlar bitta manbaga tegishli bo'lsa, tebranishlarning ham fazalari o'zgarishi mumkin, lekin bo'larni fazalar farqi doimiy bo'ladi. Bunday holda superpozitsiya prinsipi amalga oshadi va turg'un interferension manzara kuzatiladi. Kogerent bo'lmagan tebranishlar qo'shilganda tebranishlar fazalarining farqi

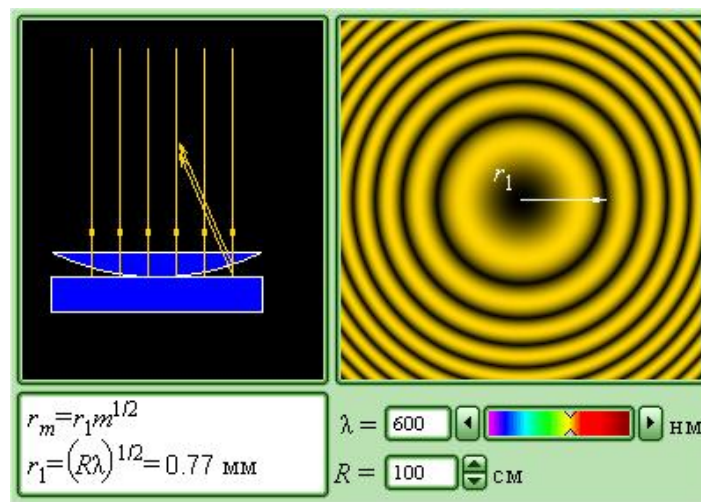
vaqtning funksiyasi bo'ladi. Agar fazalar farqi kuzatish vaqti davomida tartibsiz o'zgarib tursa natijaviy intensivlik I intensivliklar yig'indisi $I=I_1+I_2$ dan iborat bo'ladi. Bunday holda oddiy intensivliklarning qo'shilishi amalga oshadi. Lekin interferensiya kuzatilmaydi. Shunday qilib, interferensiya faqat ikkita kogerent to'lqinlar qo'shilganda hosil bo'ladi. Kuzatish nuqtasida kogerent tebranish hosil qiladigan to'lqinlar ham kogerent to'lqinlar deb ataladi. Ikkita alohida manba tebranishlari kogerent emas, bular ham qo'shilganda interferension manzara bermaydi. Yuqorida aytganimizdek T.Yung bitta manbadan kelayotgan dastani ikkiga ajratish kerak, tirqishlar yordamida so'ngra interferensiyani kuzatish kerakligini angladi. Interferension sxemalarda shunday qilinadi. Bunday xollarda ham interferension manzara yo'qoladi; agar yo'llar farqi Δ kogerentlik uzunligidan katta bo'lsa $\Delta > c \cdot \tau_{k02}$:

$$l_{k02} = c \cdot \tau_{k02}$$

l - kogerentlik uzunligi vaqti, τ - kogerentlik vaqti. Odatdagi manbalar uchun kogerentlik uzunligi bir necha santimetrdan ortmaydi. Lazerlar uchun 1000 metr atrofida bo'ladi. Yorug'likning monoxromatikligi nurlanish mexanizmi bilan bog'liqdir. Nurlanish cheksiz uzunlikga ega bo'lgan monoxromatik to'lqinning bir parchasidir ya'ni bir parchasi shaklida nurlanadi.



2.7-rasm. Yungning interferensiya tajribasi modeli.



8-rasm. Nyuton halqasi.