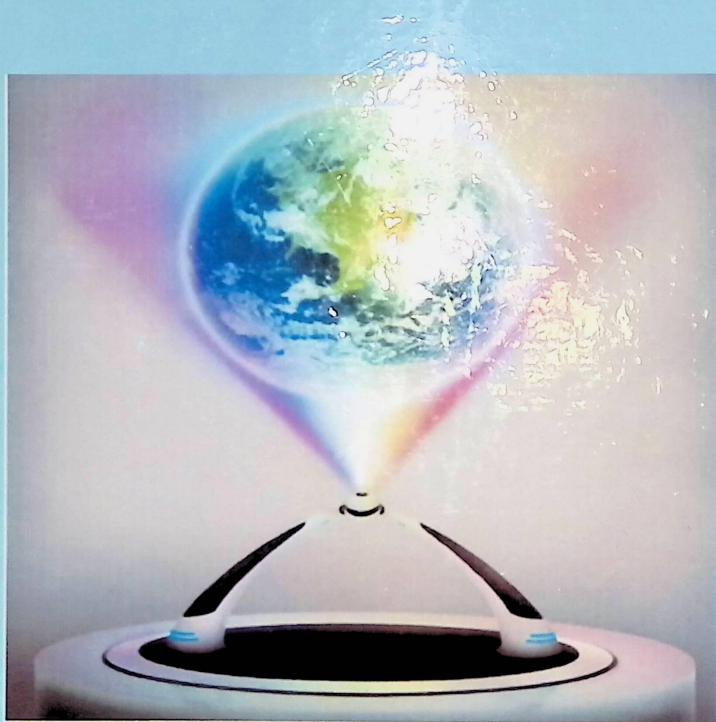


478.3
R-22

A. X. RAMAZANOV

GOLOGRAFIYA VA UNING QO'LLANILISHI



478,3
R-22

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYA VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

RAMAZANOV A. X.

GOLOGRAFIYA VA UNING QO'LLANILISHI

o'quv qo'llanma

70530906 – Fizika (yo'nalishlar bo'yicha)
magistratura ta'lim yo'nalishlari uchun

**Toshkent
"Ma'rifat"
2023**

UO'K: 778.38(075.8)
KBK: 22.343.4ya73
R 22

Ramazanov A. X. Golografiya va uning qo'llanilishi:
O'quv qo'llanma. - Toshkent: "Ma'rifat", 2023. 124 bet.

Ushbu o'quv qo'llanma 70530906– Fizika (yo'nalishlar bo'yicha) magistratura ta'lim yo'nalishidagi magistr talabalari uchun ishchi o'quv rejasidagi golografiya va uning qo'llanilishi faniga tegishli mavzular, ilmfan sohasidagi yangiliklarni e'tiborga olgan holda bayon qilingan.

O'quv qo'llanma Oliy ta'lim muassasalarining professor-o'qituvchilari, magistratura ta'lim yo'nalishidagi magistr talabalari hamda Golografiya va uning qo'llanilishi faniga qiziquvchi ilmiy xodimlar uchun mo'ljallangan.

UO'K: 778.38(075.8)
KBK: 22.343.4ya73
R 22

Taqrizchilar:

Z.T. Azamatov – O'zMU huzuridagi "Yarim o'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy tadqiqot instituti" laboratoriya mudiri, professor, f.m.f. d.

A.K. Kasimov – O'zMU Fizika fakulteti "Fotonika" kafedrası professori, f.m.f. d.

O'quv qo'llanma Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti Kengashining 2023 yil "31" may dagi "10"– sonli qaroriga asosan chop qilishga ruxsat etilgan.

ISBN: 978-99109887-6-9

© "Ma'rifat" nashriyoti, Toshkent, 2023 y.

2024/156-
128

AAO-ROT-RESURS
IARE

Ushbu o'quv qo'llanma 70530906– Fizika (yo'nalishlar bo'yicha) magistratura ta'lim yo'nalishidagi magistr talabalari uchun ishchi o'quv rejasidagi golografiya va uning qo'llanilishi faniga tegishli mavzularni o'z ichiga qamrab oladi. O'quv qo'llanma golografiyada olinadigan ob'ektlarning asosiy xarakteristikalarini, gologramma olishning elementar metodi, golografiyaning asosiy tasavvurlari va tenglamalari, harakatlanayotgan ob'ektlar golografiyasi, gologrammada tasvimi qayta tiklash, raqamli golografiya haqida tushuncha kabi mavzular ilg'or pedagogik va innovatsion ta'lim texnologiyalariga asoslanib yozilgan.

O'quv qo'llanma Oliy ta'lim muassasalarining professor-o'qituvchilari, magistratura ta'lim yo'nalishidagi magistr talabalari hamda golografiyaga qiziquvchi ilmiy xodimlar uchun mo'ljallangan.

В данном учебном пособии приведены основные темы научной дисциплины голография и ее практическое применение, которые соответствуют рабочей программе дисциплины для магистрантов по направлению образования 70530906-Физика. В учебном пособии рассматриваются такие темы, как основные характеристики объектов, запечатленных в голографии, элементарный метод получения голограммы, основные понятия и уравнения голографии, голография движущихся объектов, восстановление изображения в голограмме, понятие цифровой голографии, изложенные в соответствии с передовыми педагогическими и инновационными образовательными технологиями.

Учебное пособие предназначено для профессоров и преподавателей высших учебных заведений, магистрантов в период обучения и научных работников, интересующихся голографией.

This textbook contains the main topics of the scientific discipline holography and its practical application, corresponding to the work program of the discipline for master students in the educational direction 70530906-Physics (by specialties). The guidebook covers such topics as the basic properties of holographic objects, the elementary hologram method, the basic concepts and equations of holography, the holography of moving objects, the restoration of a hologram image and the concept of digital holography described in accordance with the advanced pedagogical and innovative educational technologies.

The textbook is aimed at professors and university teachers, students during their studies and scientists who are interested in holography.

MUQADDIMA

Ta'lim tizimining barcha bosqichlarida keng qamrovli islohotlar amalga oshirilib, bugungi kunda o'zining ijobiy samarasini bermoqda.

Prezidentimiz Sh.M. Mirziyoyev tomonidan 2017-yil 20-apreldagi "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida", 2019-yil 17-iyundagi " 2019-2023-yillarda Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida talab yuqori bo'lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi qarorlarida belgilangan vazifalarni amalga oshirishga, bugungi kun talablariga javob beradigan, oliy ta'limning me'yoriy hujjatlari hisoblangan o'quv reja va fanlarga tegishli o'quv dasturiga mos bo'lgan o'quv adabiyotlarini yaratish va uni ta'lim jarayoniga tatbiq qilishga ushbu o'quv qo'llanma muayyan darajada xizmat qiladi.

O'quv qo'llanmada golografiyada olinadigan ob'ektlarning asosiy xarakteristikalar, gologramma olishning elementar metodi, golografiyaning asosiy tasavvurlari va tenglamalari, harakatlanayotgan ob'ektlar golografiyasi, raqamli golografiya haqida tushuncha, gologrammada tasviri qayta tiklash yordamida o'rganish imkoniyatlarini beruvchi mavzular to'plami bayon qilingan.

Alohida qayd qilish lozimki, har bir berilgan mavzular maqsadli yondashuvga asoslangan ma'lumotlardan tashkil topgan bo'lib, nazorat uchun savollar hamda tavsiya etilgan adabiyotlardan iborat.

Keyingi yillarda Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetining Fizika fakulteti fizika (yo'nalishlar bo'yicha) magistratura ta'lim yo'nalishlari magistratlari uchun golografiya va uning qo'llanilishi fanidan ushbu o'quv qo'llanma o'z navbatida yangi adabiyotlar ta'minotini yaratish vazifasini qo'ydi.

Ushbu golografiya va uning qo'llanilishi o'quv qo'llanmasi bu sohadagi boshlang'ich qadam hisoblanib, sizlarning taklif va mulohazalaringiz asosida takomillashib boradi.

I BOB

GOLOGRAFIYA METODINING FIZIK ASOSLARI.

1.1-§. Golografiya va uning qo'llanilishi faniga kirish, fanining predmeti, vazifasi va o'rganish usullari

“Golografiya va uning qo'llanilishi” fanini o'qitishdan maqsad – magistr talabalarga fan va texnikaning turli sohalarini, xodisa va jaraynlarni o'rganishda golografik usullarini qo'llashni va shu asosda mulohazalash prinsiplarini o'rgatish bo'yicha bilim, malaka va ko'nikmalarni hosil qilishdan iborat.

Fanning vazifasi – golografiya asoslarini, usullarini va uni qo'llanilish sohalarini, imkoniyatlarining mohiyatini chuqurroq anglash, nazariy bilimlarni mustahkamlash, mushoxada qilish ko'nikmalarini takomillashtirish, amaliy qo'llanishining fizik asoslarini o'rgatishdan iborat.

Golografiyaning fan va texnikadagi o'rni, qo'llanish ko'lamini kun sayin kengayib bormoqda. Golografiya – zamonaviy fizikaning nisbatan yosh sohasi – ilmiy tadqiq etish metodi va keng doiradagi amaliy masalalarni yechish imkonini sifatida e'tirof etilgan. Shu soxa bo'yicha bilim va tadqiq etish usullarini biladigan fizik-mutaxassislar juda zarur. Ushbu o'quv qo'llanmada golografiya usullari yordamida muhitlarning strukturasi o'rganib, tavsiyalar berishga aloxida e'tibor qaratilgan. Chunki, amalda molekulyar darajadagi tuzilmalarni ko'rish imkonsiz bo'lgani uchun, uni golografik tasviri orqali kuzatish kuztuvchi uchun juda qulay bo'lib, birinchi atom mikroskoplarida ham bu narsa qo'llanilgan.

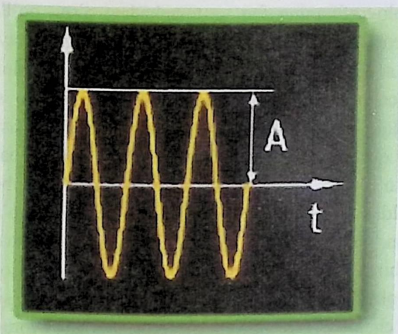
Golografiya fan sifatida optika, lazer fizikasi, kimyo kabi fanlar bilan chambarchas bog'liqdir. Negaki, agar yorug'likni to'lqin xossalari kelib chiqadigan hodisalar-interferensiya va difraksiya bo'lmasa, golografik tasvir ham paydo bo'lmaydi. Bu tasvir aniq ko'rinishi uchun esa, bizga lazer nuri kerak bo'ladi, bo'lmasa oddiy nurlar bilan golografik tasvir olish imkonini yo'q. Kimyo fani esa, bizga golografik tasvirni qayd qilish imkonini beradi, bunda fotoplastinkalarda bo'ladigan kimyoviy jarayonlar muhim ahamiyatga ega.

Golografiya nima? Golografiya-fan va texnikaning yangi sohasi bo'lib, u yaqin yillarda vujudga kelgan va kvant elektronikasining

yutuqlariga asoslanib rivoj topdi. Golografiya bu to'liqlarni qayd qilish va qayta tiklash usuli. To'liqlar esa turlicha bo'ladi: yorug'lik, rengent, korpuskulyar, akustik va hakoza. 1974-yili ingliz olimi Dennis Gabor tomonidan ishlab chiqilgan yorug'lik to'liqining fazoviy strukturasi yozish va uni qayta tiklash usuli asrimizning ikkinchi yarmida fizika sohasida qilingan muhim kashfiyotlardan biri bo'ldi.

Golografiya yunoncha so'z bo'lib, "golos"-"butkul, to'liq", "butun", "hamma" -to'liqlar interferentsiyasidan foydalanib buyumning fazoviy (hajmiy) tasvirini hosil qilish usuli demakdir. Bu bilan kashfiyotchi golografiyada to'liq haqida to'liq (ham amplitudaviy, ham fazoviy) axborot qayd qilinishini ta'kidlab o'tgan.

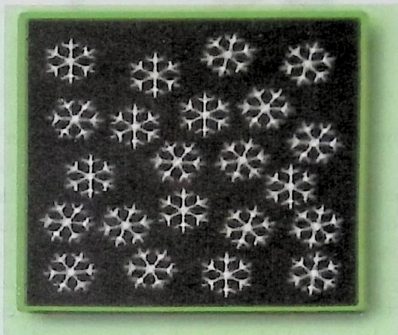
Ob'ektlarning tasvirlarini ro'yxatga olishning eng ko'p va keng tarqalgan usuli fotografiyadir. Fotografiyada obekt tasvirining ikki o'lchamli proeksiyasida yorug'lik to'liqlari intensivligining surat tekisligida taqsimlanishi qayd etiladi (1.1-rasm).



1.1-rasm. To'liqlar intensivligining surat tekisligida taqsimlanishi.

Biroq, ob'ektning hajmi haqidagi ma'lumotlar nafaqat amplitudada, balki qayd etilgan ob'ektning nuqtalaridan tarqalayotgan yorug'lik to'liqlari fazasida ham singdiriladi. Shuning uchun suratga qanday burchak bilan qarasak ham yangi burchaklarni ko'rmaymiz. Fonda joylashgan va turganlarning oldida yashiringan narsalarni ham ko'ra olmaymiz. Suratdagi aniqlanadigan ob'ektlarning nisbiy o'lchamini va tasvirining ravshanligini o'zgartirish bilangina ko'rinadi.

Ammo, ob'ektlarning o'lchamini baholash va bu ob'ektlardan soylarning shakli va yo'nalishini hisobga olgan holda, biz ongimizda suratda tasvirlangan sahnaning uch o'lchamli xususiyatlari haqida umumiy tasavvur hosil qilamiz. Agar ob'ektlarning o'lchamlari bir xil bo'lsa va soylar bo'lmasa, unda suratga olingan ob'ektning uch o'lchamli mazmuni butunlay yo'qoladi. Bunga misol qilib qorong'i fonda qor parchalari surati keltirilgan (1.2-rasm).

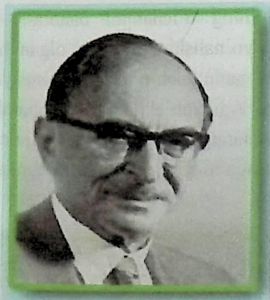


1.2-rasm. Qorong'i fonda qor parchalari surati.

Bunday suratda qor parchalarining qaysi biri yaqinroq va qaysi biri uzoqroq ekanligini aniqlay olmaymiz.

Shunday qilib, bir qarashda tasvirlarni ro'yxatga olishning ob'ektiv usuli bo'lgan fotografiya, batafsil ko'rib chiqilganda, inson ko'zi bilan idrok qilish uchun mo'ljallangan juda sub'ektiv ma'lumot beradi. Fotografiyaning kamchiliklari golografiya deb ataladigan tasvirni ro'yxatga olishning tubdan yangi usuli bilan to'liq qoplanadi.

Golografiya tarixi. Golografiyaning asoschisi Londondagi davlat kolleji professori Dennis Gabor 1947-yilda birinchi gologrammani olgan. Golografiyaning kashf etilishi u tomonidan elektron mikroskopning rezolyutsiyasini oshirish tajribalari davomida amalga oshirildi. "Golografiya" nomi ostida D. Gabor usul o'rganilayotgan ob'ekt haqida to'liq ma'lumotni ro'yxatdan o'tkazish imkonini beradi, deb ta'kidladi.



1.3-rasm D. Gabor.

Golografiya tez rivojlana boshladi va birinchi lazer Sovet fizik - akademiklar N. G. Basov va A. M. Proxorov tomonidan amalga oshirilgan kvant elektronikasi fundamental tadqiqotlar natijasida 1960-yilda yaratilgandan keyin katta amaliy ahamiyatga ega bo'ldi. Shu yili Professor T. Maimam yoqut ustida tajriba o'tkazdi. Ushbu tizim (uzluksiz lazerdan farqli o'laroq) gologramma ustida harakat moslamalarini tuzatish imkonini beradi, bir necha nanosekundlarda (10^{-9} soniya) davom etgan kuchli va qisqa impulsli lazerni ishlab chiqardi. Insonning birinchi golografik portreti 1967-yilda yoqut lazeri bilan olingan.



1.4- rasm E. Leyt.

XX asrning 60-yillariga kelib lazerlar paydo bo'lganidan keyin, golografiya yana qayta tug'ilgandek bo'ldi. 1962-yili sovet olimi Yu.N.Denisyuk gologrammaning qalin qatlamli fotoemulsiyasiga yozish

(qayd qilish)ning original usulini ishlab chiqdi va amalga oshirdi. Bu usulda tayyorlangan gologramma ob'ektning hajmiy (shu bilan birga rangli) tasvirini tiklash uchun kogerent bo'lmagan yorug'lik manbai (quyosh, elektrolampa va hokazo)dan foydalanish mumkin bo'lib qoldi.

Tasviriy golografiyaning boshlanishi 1962-yilda lazer nuri tiklanishi mumkin bo'lgan birinchi uch o'lchamli uzatish gologrammasini olgan Michigan texnologiya instituti (AQSH) dan Emmett Leyt va Juris Upatnieks asarlarida keltirdi. Bu olimlar tomonidan taklif etilgan gologramma qayd qilish sxemasi endi butun dunyodagi gologramma laboratoriyalarida ishlatiladi.

1963-yili amerika fiziklari E.Leyt va Yu.Upatnieks lazer nuri yordamida birinchi gologrammalarni hosil qildilar. Ular qo'llagan yorug'lik oqimini ikkiga ajratish usuli bilan hosil qilingan gologrammadan tiklangan tasvir juda yuqori sifatli bo'lib, D.Gabor o'zining birinchi ishlarida yozganidek, hajmiylik effektiga ega edi. Shunday qilib, Leyt-Upatnieks va Denisuk tajribalari hozirgi zamon golografiyasining asosi bo'lib, golografiya fizikaning alohida bir sohasi sifatida rivojlana bordi. Shu bilan birga golografiya fan va texnikaning turli sohalariga tez tadbqiqilina boshladi.



1.5-rasm Yu.Upatnieks.

Gologrammalarning ob'ekt tasvirini yuqori sifatli va hajmiy qilib bera olish xususiyati fotografiya texnikasida yangi imkoniyatlarni ochib bermoqda, golografik kino va televedeniya sistemasini tuzish uchun zamin yaratdi. Yorug'lik to'lqinida mavjud bo'lgan juda ko'p miqdordagi

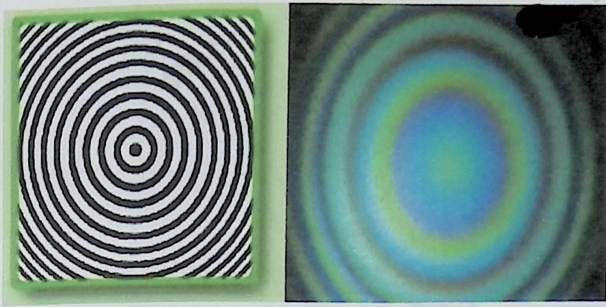
axborotni gologrammaga yozish mumkinligi hozirgi zamon elektron hisoblash mashinasidan ming marta tezroq ishlay oladigan hisoblash tuzilmalarning, shuningdek xotirasi o'ta katta bo'lgan xotirlovchi tuzilmalarning bir qancha proekt (loyiha) larini paydo bo'lishiga olib keldi. Golografik usul yordamida shovqin orasidan foydali signal va kerakli ma'lumotlarni ajratib olish mumkin. Golografik tasvirlarni olish optik linzalarning kattalashtirish qobiliyatiga nisbatan bir necha marta kuchliroq kattalashtirishga, murakkab sirtlarni, mikroskopik siljishlarini o'lchashga va boshqalarga imkon beradi.

Ammo bu bilan o'quvchida golografiya sohasida hamma narsalar hal etib bo'lingan va aniq bir golografik qurilmani yaratish juda oson ish, degan xato fikr tug'ilmasligi kerak. Aslida golografiyani amalda tadbiq etilishi yo'lida bir qator jiddiy texnik qiyinchiliklar uchrayaptiki, olimlar va muhandislarga bironta golografik qurilmani yaratishda, ko'pincha, juda murakkab va hatto aylanma yo'ldan borishga to'g'ri kelayapti. Ammo golografiya shunchalik qiziqishni tug'diradiki, uning taraqqiyoti yo'lida uchrayotgan har qanday to'sqinliklar, qiyinchiliklar birin-ketin yengib o'tilayapti.

1.2-§. Golografiya olinadigan ob'ektlarning asosiy xarakteristikalar

Golografiya usulining fizik asoslari. Golografiya hozirgi vaqtda ushbu sohadagi yetakchi mutaxassislarining fikriga ko'ra, fizikaning bir bo'limi bo'lib, unda to'lqin maydonlarini materiyada o'zaro ta'sir qilish paytida izchil to'lqin maydonlari tomonidan hosil qilingan interferensiya tuzilmalari tomonidan o'zgarishi jarayonlari o'rganiladi.

Interferensiya hodisasi. 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'shib, bir-birini kuchaytiradi yoki susaytiradi. Natijada ekranda markazi bir nuqtada yotuvchi yorug' va qorong'i halqalar navbat bilan joylashadi (1.6-rasm).

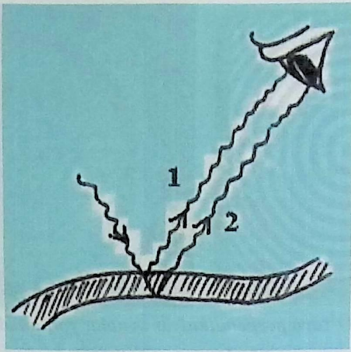


1.6-rasm. O'zaro perpendikulyar oynalar yordamida olingan interferensiyon manzara

Bular interferensiyon 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 (1.7- rasm) qo'shilishidan deb tushuntirish mumkin, degan genial fikrni maydonga tashladi. 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 kuzatiladi.

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 bo'ladi.



1.7- rasm 1 va 2 to'qlarning interferensiya manzarasi.

Agar singan ikkinchi to'qlin qaytgan birinchi to'qlindan to'qlinlar uzunligining butun soni qadar kechiksa, yorug'lik kuchayadi (1.8a-rasm). Agar ikkinchi to'qlin birinchi to'qlindan to'qlin uzunligining yarim to'qlinlarining toq soni qadar kechiksa, yorug'lik zaiflashadi (1.8b-rasm). To'qlinlarning qo'shilishida turg'un interferensiyalar manzara hosil bo'lishi tushun to'qlinlar kogerent bo'lishi, ya'ni ularning to'qlin uzunliklari bir xil va fazalari farqi o'zgaras bo'lishi kerak.

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

Ikkita odatdagi mustaqil manbadan chiqadigan to'qlinlarga kelsak ular interferensiyalar manzara hosil qilmaydi, chunki bunday manbalardan chiqadigan ikki to'qlinning fazalari farqi doimiy emas.

Yung rangdagi farq to'qlin uzunligidagi (yorug'lik to'qlinlarning chastotasidagi) farqda ekanligini ham tushundi.

Golografiya ikki fizik hodisa - yorug'lik to'qlinlarining difraksiyasi va interferensiyasiga asoslangan. Fizik g'oya shundan iboratki, ikkita yorug'lik nuri ustma-ust tushganda ma'lum sharoitlarda interferensiya manzarasi yuzaga keladi, ya'ni makonda yorug'lik intensivligining maksimumi va minimumi sodir bo'ladi (bu kesishmadagi suvdagi ikki to'qlin sistemasi to'qlin amplitudasining o'zgaruvchan maksimumi va minimumi hosil qilishiga o'xshaydi) (1.8-rasm).