

SH.SODIQOVA, SH.OTAJONOV,
M.KURBANOV

*LAZERLAR VA ULARNING
AMALIYOTDAGI O‘RNI*

TOSHKENT

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

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

SH.SODIQOVA, SH.OTAJONOV, M.KURBANOV

**LAZERLAR VA ULARNING
AMALIYOTDAGI O‘RNI**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2020

UO'K: 533.9.082.5(075)

KBK 22.344я7

S 75

S 75 Sh.M. Sodiqova, Sh.O. Otajonov, M. Kurbanov. Lazerlar va ularning amaliyotdagi o'rni. – T.: «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020, 216 bet.

ISBN 978-9943-6727-0-3

Ushbu o'quv qo'llanmada lazer fizikasining fizik asoslari, lazerning turlari va lazerning nurlanish qonuniyatlari, lazerlarni qo'llanilishi, lazer nuri yordamida fizikaning optika bo'limiga tegishli namoyish tajribalariga oid ma'lumotlar berilgan.

O'quv qo'llanma fizikani chuqur o'rganadigan akademik litseylar, kasb - hunar kollejlari, shuningdek, oliy o'quv yurtlarining fizika yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi talabalarga mo'ljallangan.

UO'K: 533.9.082.5(075)

KBK 22.344я7

Taqrizchilar: J.Yusupov – TDTU kafedra mudiri, professor;
M.Mirahmedov – TATU qoshidagi 2 - sonli akademik litseyning fizika fani o'qituvchisi, f-m.f.n.

ISBN 978-9943-6727-0-3



© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2019;

© «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020.

*Mirzo Ulug‘bek nomidagi
O‘zbekiston Milliy universiteti
tashkil topganining 100 yilligiga
bag‘ishlanadi.*

MUQADDIMA

Keyingi yillarda turmushimizning barcha sohalari qatori ilmfan va ta‘lim sohasiga ham katta ahamiyat berilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoyev tomonidan 2017-yil 14-martdagi “O‘rta maxsus, kasb-hunar ta‘lim muassasalari faoliyatini yanada takomillashtirish chora - tadbirlari to‘g‘risida hamda 2017-yil 20-apreldagi “Oliy ta‘lim tizimini yanada rivojlantirishning chora - tadbirlari to‘g‘risidagi” Qarori ham bu sohadagi amalga oshirilayotgan ijobiy ishlarning mantiqiy davomi bo‘ldi. Ushbu qarorning ijrosini ta‘minlashga yo‘naltirilgan dasturda o‘rta maxsus hamda Oliy ta‘limi muassasalarini zamonaviy o‘quv, o‘quv - uslubiy va ilmiy adabiyotlar bilan ta‘minlash nazarda tutilgan.

Shuni inobatga olgan holda yuqoridagi qarorlarning ijrosi sifatida hozirgi zamon fizikasining dolzarb yo‘nalishlariga bag‘ishlangan ushbu o‘quv qo‘llanma tayyorlandi.

Ma‘lumki, bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri fundamental fanlar yo‘nalishidagi ixtiro va yangi ishlanmalarni amaliyotga imkoniyat darajada joriy qilishdan iborat. Bu esa o‘z navbatida fundamental fanlarning rivojlanishiga turtki bo‘lmoqda. Lazerning ixtiro qilinishi va kogerent nurlanishning amaliyotga qo‘llanilishi fan bilan amaliyot orasidagi o‘zaro uzviylilikning integratsiyasining namunasi bo‘la oladi. Hozirgi vaqtda fan va texnikadagi ba‘zi sohalarni lasersiz tasavvur etib ham bo‘lmaydi. Mazkur hollar o‘z navbatida lazerlarni ilmiy asoslarini yanada rivojlanishini talab etmoqda. Ishlab chiqarishning samarali rivoji borgan sari sodda hamda ishonchli asboblarni yaratmoqda. Bunday

talablarga lazer texnologiyasi javob beradi. Haqiqatan ham bir-biriga o'xshamagan fan sohalarida lazerlardan muvaffaqiyatli foydalanilmoqda, jumladan, ular optik aloqa, qishloq xo'jaligida, jarayonlarni nazorat qilish, radikallar kimyosi, golografiya, tibbiyot, izotoplarni ajratish, integral sxemalarni tayyorlash hamda sanoatda payvandlash va hokazolardir. Mazkur sohalar o'z navbatida lazerlarga taalluqli ilmiy tadqiqot ishlarini keskin rivojlantirishni taqozo etmoqda.

Kvant elektronikasi – hozirgi zamon fizikasini elektromagnit to'liqlarni majburiy nurlanish vositasida yuzaga keltirish (generatsiyalash) hamda ularni kuchaytirish usullarini o'rganuvchi muhim qismi hisoblanadi. Bunda optik kvant kuchaytirgichlar va generatorlarning xususiyatlari hamda ularning turli maqsadlarda qo'llanilish vositalari o'rganiladi. Optik kvant generatorlar (OKG) – lazerlarning, yuqori energiyaga ega bo'lishi lazer nurining ajoyib xususiyatlari nomoyon bo'lishi bilan bog'liqdir.

Kvant generatorlarining yorug'lik nurlari chiqaruvchilari *optik kvant generator* yoki *lazer* nomini olgan. *Lazer* so'zi inglizcha "*Light amplification by stimulated emission of radiation*" so'zlarining bosh harflaridan tuzilgan qisqartirilgan nom bo'lib majburiy nurlanish vositasida yorug'lik nurlanishini kuchaytirish, degan ma'noni bildiradi.

Nemis fizik olimi A.Eynshteyn 1916-yili kvant tushunchalari asosida yorug'likning yutilishi yoki nurlanishi biror energetik holatdan boshqa energetik holatga o'tishda majburiy nurlanish jarayoni bo'lishi mumkinligi to'g'risida o'zining fikrini aytib, emperik formula tavsiya etadi. A. Eynshteyn taxminiga ko'ra atomning uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tishida nur chiqarishi ikki usul bilan, o'z - o'zidan va majburiy nurlanish vositasida yuz berishi mumkin. Yorug'lik nurlari uchun majburiy nurlanish o'z - o'zidan nurlanishga nisbatan juda kuchsiz bo'lgani uchun uni asosiy nurlanishdan deyarli ajratib bo'lmaydi. Shuning uchun majburiy nurlanish dastlab o'ta yuqori chastotali (*O'YUCH*) to'liqlar bilan tajriba olib borishda kuzatilgan. 1954-yil N.G.Basov, A.M.Proxorov va Ch.X.Tauns tomonidan molekular kvant generator (*mazer*) yaratildi. *Mazer* – yuqori yo'nalganlikka

ega bo'lgan o'zgarmas aniq chastotada quvvatli kogerent elektromagnit nurlanish hosil qiluvchi qurilmadir. Mazerning ishlashi ammiak molekulalarining majburiy nurlanishiga asoslangan. Bunda ammiak molekulalarining 24 Ggs chastotada kogerent nurlanish xususiyatiga ega bo'lishi kuzatilgan. Optik to'qinlari oralig'ida majburiy nurlanishni chiqaradigan mazerlarni – *lazerlar* deyiladi. 1964-yili kvant elektronika sohasiga tegishli fundamental tadqiqotlar uchun Rossiya olimlari N.G.Basov va A.M.Proxorov hamda amerikalik olim Ch.X.Tauns Nobel mukofotiga sazovor bo'lishgan. T.G.Meyman tomonidan amalda birinchi marta lazer nuri olingan bo'lsa, hozirgi vaqtda, ham quvvat jihatidan, ham spektrning ishchi sohasi bo'yicha monoxromatik lazerlar yaratildiki, ular mazkur fan sohasida bo'layotgan ulkan rivojlanishdan dalolat beradi. Lazerlar to'g'risida gap borganda ularning murakkab tabiatini, ularni qo'llanilish sohasi keng va rang - barangligini e'tiborga olish zarur.

Mazkur qo'llanmani yozishdan maqsad talabalarni juda tez rivojlanib borayotgan fan sohasi bo'lmish lazerlarning nazariy asoslari, turlari, qo'llanilish sohalari bilan tanishtirishdir. Shu bilan birga lazer texnologiyasi bilan tanishgan talabalarda shu fan sohasining amaliyotga qo'llashga ishtiyoq tug'ilishi tabiiy. Lazerlarning yuqorida aytganimizdek, tibbiyotdan tortib texnikaning juda ko'p sohalariga kirib borayotganligi uchun bu sohadagi o'quv qo'llanma akademik litseylar, kasb - hunar kollejlari, oliy ta'lim muassasalari talabalari, katta ilmiy xodim - izlanuvchilari, ilmiy xodimlar, talabalar, o'qituvchilar uchun foydadan holi bo'lmas degan umiddamiz.

I bob. NURLANISH QONUNIYATLARI VA ULARNING TURLARI

Ushbu bobda lazer nurlanishlarining fizik qonuniyatlarini bayon qilishdan oldin elektromagnit to'liq nurlanishi (yorug'lik nuri) ta'sirida atom va molekulalarni nurlanishi bilan bog'liq fizik hodisalar to'g'risida ma'lumotga ega bo'lishni lozim topdik. Jumladan, nurlanishning fizik qonuniyatlari, spontan va majburiy nurlanishlar hamda ularning asosiy xarakteristikalarini, energetik sathlar va ularni hosil qilish kabi muhim, ayniqsa, keyingi boblardagi mavzularni tushunish oson bo'lishni ta'minlashni nazarda tutuvchi ma'lumotlar bayon qilingan.

1.1. Nurlanishning fizik qonuniyatlari

a) Issiqlik nurlanishi va Kirxgof qonuni

Agar jismlar ma'lum darajada musbat haroratga ega bo'lsa, ular tashqi muhitga nurlanish tarqatadi. Bu nurlanish ham yorug'lik nuri kabi elektromagnit hodisalariga kiradi. Issiqlik nurlanishi intensivligi numi chiqaruvchi jism haroratiga bog'liq. To'liq uzunligi har qanday qiymatga ega bo'lgan elektromagnit nurlanish modda tarkibidagi elektr zaryadlarining, ya'ni elektron va ionlarning tebranishlari oqibatida vujudga keladi. Moddani tashkil etgan ionlarning tebranishlaridan past chastotali nurlanish paydo bo'ladi, chunki ionlarning massalari katta bo'lib, tebranish chastotasi elektronlarnikidan kichik bo'ladi. Elektronlar tebranishidan hosil bo'lgan nurlanish yuqori chastotali bo'ladi. Infraqizil va ultrabinafsha nurlanishlarni hosil qilish xuddi shu asosda tushuntiriladi. Tabiatda eng ko'p uchraydigan nurlanish - bu issiqlik nurlanishidir. Jismning faqat haroratiga bog'liq bo'lgan nurlanishni *issiqlik nurlanishi* deyiladi.

Agar bir necha jism issiqlikdan himoya qilingan sistema ichida joylashgan bo'lsa, ular issiqlik energiyasi nurlanishi va issiqlik energiyasi yutish natijasida o'zaro termodinamik muvozanatda bo'ladi. Bu hol uchun P.Prevo (shvetsariyalik olim) qoidasi o'rinli bo'ladi. Bu qoida quyidagicha ta'riflanadi: *termodinamik muvozanatda bo'lgan ikki jism har xil miqdorga ega bo'lgan energiyani yutsa, ularni issiqlik nurlanishi intensivligi ham har xil bo'ladi.*

Har qanday jismlar nur chiqara olish qobiliyatiga ega bo'ladi. Jismlarning nur chiqara olish qobiliyati, ya'ni *nurlanish qobiliyati* deb yuza birligidan atrofga chiqaradigan yorug'lik oqimiga aytiladi va

$$E_{\nu,T} = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formulada: $E_{\nu,T}$ – nur chiqarish qobiliyatini ifodalab, nurlanish chastotasi va muhit haroratiga bog'liq bo'ladi, F – nurlanish oqimi, S – yuza. Nurlanish qobiliyati nurlanishning spektral zichligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$YE_T = \int_0^{\infty} YE_{\nu,T} \cdot d\nu.$$

SI sistemasida nur chiqara olish qobiliyatining birligi – Vt/m^2 . Jismlarning yorug'likni *yutish qobiliyati* (A_ν) yoki jismlarning *monoxromatik yutish koeffitsiyenti* deb, yutilgan yorug'lik oqimi (dF_ν) ni tushayotgan yorug'lik oqimi (dF_ν) ga nisbatiga aytiladi va quyidagi

$$A_\nu = \frac{dF_\nu}{dF_\nu} \quad (1.2)$$

formula bilan ifodalanadi: A_ν – o'lchamsiz kattalik. Bu kattalik nurlanish chastotasi va jismning haroratidan tashqari, jismning materialiga, shakliga va yuzining silliqligiga bog'liq.

Agar jism tushayotgan yorug'lik oqimini to'la yutsa, bunday jismga *absolyut qora jism* deyiladi. Turli to'lqin uzunlikdagi nurlanishlar chiqaruvchi Quyoshni amalda absolyut qora jism deb qarash mumkin. Bundan ayon bo'ladiki, jismlar harorati birday yuqori bo'lganda, qora jism boshqa jismlarga qaraganda ravshanroq ko'rinadi. Absolyut qora jism uchun $A_v = 1$. Real jismlar absolyut qora emasdir, lekin optik xossalariga qarab ularning ayrimlari absolyut qora jismga yaqinligini ko'rsatish mumkin (masalan, qora kuya, qora baxmal va hokazo).

Jismning nur chiqarish qobiliyatining ($E_{v,T}$) spektral zichligi va numi yutish qobiliyati ($A_{v,T}$) orasida ma'lum nisbat bo'lib, bu nisbat quyidagicha

$$\varepsilon_{v,T} = \frac{E_{v,T}}{A_{v,T}} \quad (1.3)$$

ifodalanadi va *Kirxgof qonunini* ifodalaydi. Bu qonunga asosan, ixtiyoriy to'lqin uzunligi va harorat uchun jismlarning nur chiqarish qobiliyatini, nur yutish qobiliyatiga nisbati hamma jismlar uchun bir xil bo'lib, absolyut qora jismni nur chiqarish qobiliyati $\varepsilon_{v,T}$ ga teng. Ko'p hollarda $\varepsilon_{v,T}$ ni *Kirxgof funksiyasi* deb ham ataladi. Shunday qilib, Kirxgof funksiyasi absolyut qora jismning nurlanish qobiliyatidir.

b) Absolyut qora jismning nurlanish qonuni

Stefan - Bolsman qonuni (avstriyalik olimlar). Bu qonunga asosan absolyut qora jismning integral nur chiqarish qobiliyati ε_T absolyut haroratga quyidagicha bog'liq:

$$\varepsilon_T = \sigma T^4 \quad (1.4)$$

bu yerda, σ – Stefan - Bolsman universal doimiysi bo'lib, $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{vt}{m^2 \cdot grad}$ ga teng. Ushbu qonunga asosan absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati muhit haroratining to'rtinchi

darajasiga bog'liq deb qaralib, nurlanish chastotasi e'tiborga olinmaydi. Ya'ni muhitning nurlanishi qanday chastota oralig'iga to'g'ri kelishi bo'yicha ma'lumot berilmaydi.

Vin qonuni (nemis olimi). Absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati

$$\varepsilon_{\nu,T} = s\nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right) \quad (1.5)$$

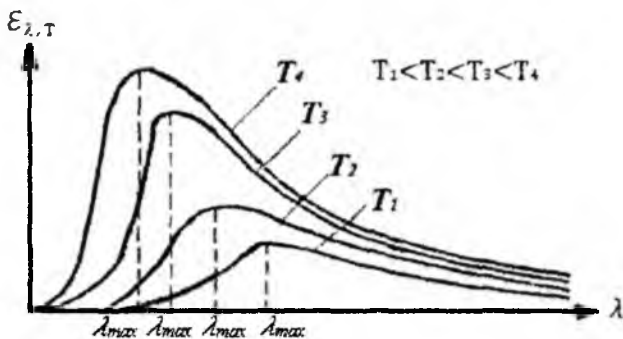
ko'rinishida ifodalanadi. Bu formulada: $f\left(\frac{\nu}{T}\right)$ – universal funksiya, s – yorug'likning vaakuumdagi tezligi, ν – yorug'lik chastotasi. Vin emperik ravishda $\varepsilon_{\nu,T}$ funksiyani grafigini aniqladi. $\varepsilon_{\nu,T}$ maksimumiga to'g'ri kelgan nurlanish to'lqin uzunligi λ_{max} yoki chastotasi ν_{max} harorat bilan quyidagicha bog'liq:

$$\nu_{max} = T/a \quad (1.6)$$

Bu formula Vinning *siljish qonunini* ifodalaydi, bu yerda, a – muhit haroratiga bog'liq emas, o'lchash natijalariga asosan $a = 0,5100 \text{ sm} \cdot \text{grad}$ ga teng. Bu qonunga asosan absolyut qora jismning maksimal nur chiqarish qobiliyati chastotasi bu jismning absolyut haroratiga to'g'ri proporsional. Chastota o'rniga to'lqin uzunligini kiritib, Vin qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$\varepsilon_{\nu,T} = \frac{s^5}{\lambda^5} f\left(\frac{s}{\lambda T}\right) \quad (1.7)$$

U holda absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyatini maksimal qiymatiga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi bo'lib: $\lambda_{max} = b/T$, bunda b – Vin doimiysi $b = 0,2898 \text{ sm} \cdot \text{grad}$ ga teng. Vin qonuniga asosan absolyut qora jism maksimal nur chiqarish qobiliyatini jismning haroratiga va nurlanayotgan yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligini ifodalaydi (1.1 - rasm).



1.1 - rasm.

Rasm tahlili shuni ko'rsatadiki jismning haroratini oshirib borsak, uning nur chiqarish qobiliyati (energiyasi yoki intensivligi) ortib boradi va nurlanish energiyasining maksimal qiymatlari kichik to'liqin uzunligi tomon siljib boradi.

Reley - Jins qonuni (ingliz olimlari). Absolyut qora jism bir - biri bilan o'zaro ta'sir etmaydigan ossilyatorlardan (nur chiqaruvchi atom yoki molekullardan) iborat bo'lsin. Bunday ossilyator ko'pincha, *garmonik ossilyatorlar* yoki *radiatsion ossilyatorlar* deb ham ataladi. *Ossilyator* – tebranishlar bajarayotgan fizikaviy jarayonni bildiradi. Agar garmonik ossilyatorlarning o'rtacha energiyasini $\bar{\epsilon}_{(\nu)}$ deb belgilasak, (ν - ossilyatorning xususiy tebranish chastotasi) ossilyatorning nur chiqarish qobiliyati

$$\epsilon_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{s^2} \bar{\epsilon}_{(\nu)} \quad (1.8)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Molekular fizikadan ma'lumki, issiqlik muvozanati sharoitida erkinlik darajalari bo'yicha energiya teng taqsimlanadi va $\bar{\epsilon}_{(\nu)} = kT$, shu sababli (1.8) ni $\epsilon_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{s^2} kT$ ko'rinishda yozish mumkin. Bu ifoda *Reley - Jins* formulasini ifodalaydi. Energiya bilan harorat orasidagi munosabatni

ifodalaydigan koeffitsiyent k – *Bolsman doimiysi* deb ataladi va uning qiymati $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ga teng. T – absolyut harorat, s – yorug‘likning vakuumdagi tezligi.

Klassik fizikaga asosan har qanday termodinamik sistema energiyasi uzluksiz o‘zgarishi natijasida har qanday energiyani olishi mumkin. Bu jarayonni nemis olimi Plank o‘zining kvant nazariyasi asosida tushuntirib berdi. Bu nazariyaga asosan xususiy ν – chastotaga ega bo‘lgan garmonik ossilyator energiyasi kvantlangan va energiyani ma‘lum uzlukli miqdorda foton chiqarishi yoki yutishi mumkin. *Foton – elektromagnitik maydon kvanti, tinchlik massasi nolga va spini birga teng neytral elementar zarradir. Spin – deganda mikrozarining xususiy impuls momenti tushuniladi.* Bitta kvant energiyasi $\epsilon_0 = h\nu$ formula bilan ifodalanadi. Bu yerda $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ bo‘lib, *Plank doimiysi* deyiladi. Bu nazariyaga asosan ossilyator energiyasini uning chastotasiga bog‘liqligi quyidagi Plank formulasi bilan aniqlanadi:

$$\bar{\epsilon}(\nu) = \frac{h\nu}{e^{kT} - 1} \quad (1.9)$$

bu ifodani (1.8) formulaga qo‘ysak, absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyati uchun Plank formulasi kelib chiqadi. Bu formula quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\epsilon_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{s^2} \frac{h\nu}{e^{kT} - 1} \quad (1.10)$$

Reley - Jins, Vin, Stefan - Bolsman qonunlari Plank formulasining xususiy hollaridir. Ya’ni $h\nu \ll kT$ bo‘lsa, *Reley - Jins formulasini* olamiz, katta chastotalar sohasida $h\nu \gg kT$ bo‘lganda Plank formulasi taxminan quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\epsilon_{\nu,T} \approx \frac{2\pi h\nu^2}{s^2} e^{-\frac{h\nu}{kT}} \quad (1.11)$$

Plank nazariyasi issiqlik nurlanish qonuniyatlarini to‘la ifodalagan holda tajriba natijalariga ham mos tushadi.

Issiqlik nurlanish qonunlari teplotexnikada, optik piro-metriyada, metallurgiyada, astronomiyada osmondagi jismlar haroratini o'lchashda foydalaniladi.

d) Atomlar va molekular tomonidan energiyaning nurlanishi hamda yutilishi xususiyatlari

Atom va molekula statsionar energetik holatlarda bo'lishi mumkin. Bunday holatlarda ular energiyaning nurlantirmaydi va yutmaydi. Energiyaning eng quyi sathi asosiy sath hisoblanadi, u asosiy holatga mos keladi. Kvant o'tishlarda atomlar va molekularlar bir statsionar holatdan ikkinchisiga, bir energetik sathdan ikkinchisiga sakrashsimon tarzda o'tadilar. Atomlar holatining o'zgarishi elektronlarning energetik o'tishlari bilan bog'liqdir. Molekulalarda energiya elektron o'tishlar natijasida o'zgarmay, balki atomlar tebranishlarining o'zgarishi natijasida va aylanma sathlar orasidagi o'tishlarda ham o'zgarishi mumkin. Atom yoki molekula yuqoriroq energetik sathlardan pastroqdagi sathlarga o'tishlarda energiya beradi, teskari o'tishlarda esa energiya yutiladi. Asosiy quyi holatda turgan atom energiyaning faqat yutadi.

Kvant o'tishlar ikki turga ajratiladi:

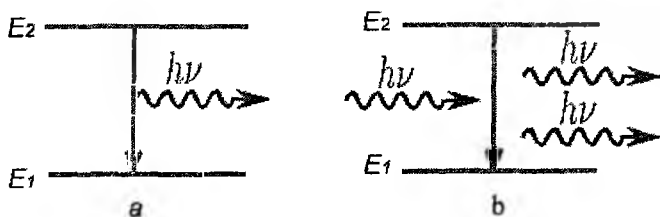
1. Atom yoki molekularlar elektromagnit energiyaning nurlantirmasdan yoki molekularlarning boshqa zarrachalar bilan, masalan, to'qnashishi jarayonida o'zaro ta'sirlashishida ro'y beradi. Umuman to'qnashishlar elastik va noelastik to'qnashishlarda farqlanadi, ulardan birinchisida, atomning ichki holati o'zgaradi va nurlanishsiz o'tishlar ro'y beradi. Ikkinchisida esa, atom yoki molekularlarning kinetik energiyasi o'zgaradi, lekin ichki holati saqlanadi.

2. Fotonning nurlanishi yoki yutilishi bilan bog'liq o'tishlar. Fotonning energiyasi atom yoki molekularlarning boshlang'ich va oxirgi statsionar holatlari energiyalarining farqiga teng.

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad (1.12)$$

bu formula *energiyani saqlanish qonunini* ifodalaydi.

Fotonni chiqaruvchi kvant o'tishlarni vujudga keltiruvchi sabablarga ko'ra nurlanish ikki turga bo'linadi. Agar bu sabab, ichki sabab bo'lsa va zarracha o'z - o'zidan pastki energetik sathga o'tsa, u holda bunday nurlanish *spontan nurlanish* deyiladi (1.2 a-rasm). U vaqt, chastota (har xil kichik sathlar orasida ham o'tishlar bo'lishi mumkin), tarqalish yo'nalishi va qutblanishlari bo'yicha tasodifiy va xaotikdir. Nurlanishning boshqa bir turi *majburiy* yoki *induksiyalangan nurlanish* deyiladi (1.2 b -rasm).



1.2 - rasm.

U fotonning uyg'ongan zarrachalar bilan o'zaro ta'sirlanishida (agarda foton energiyasi sathlar farqiga teng bo'lsa) vujudga keladi. Majburiy kvant o'tishlar natijasida zarrachalardan bitta yo'nalishda ikkita bir xil foton ajralib chiqadi.

Atom yoki molekullardan nurlanayotgan energiya chiqish spektrini, yutilgani esa yutilish spektrini ifodalaydi. *Spektr* - atomlarning nurlanish intensivligini chastota yoki to'lqin uzunligiga bog'liqligini ifodalab, ikki turga bo'linadi. Birinchisi, chiziqli (uzlukli) spektr bo'lib, elektromagnit to'lqin nurlanishi ta'sirida atomlarning nurlanish qonuniyatlarini xarakterlab, monoxromatik ko'rinishga ega bo'ladi. Ikkinchisi, issiqlik nurlanish ta'sirida hosil bo'ladigan spektr bo'lib, intensivliklari bo'yicha tutashgan uzluksiz ko'rinishga ega bo'ladi.

Spektral chiziqning intensivligi vaqt birligi ichida yuz beruvchi bir xil o'tishlar soni bilan aniqlanadi va shuning uchun nurlanuvchi (yutiluvchi) atomlar miqdoriga va mos o'tishlarning ehtimoliligiga

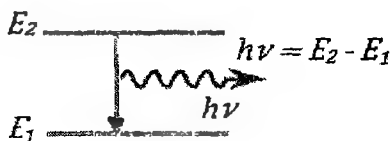
bog'liq bo'ladi. Ko'pchilik atom va molekullarning energetik sathlari ancha murakkabdir. Demak, sathlar va spektrlar strukturasi yolg'iz atom yoki molekula tuzilishigagina bog'liq bo'lmasdan, tashqi sabablarga ham bog'liq bo'ladi.

Atomlarning nurlanish spektrlarini tadqiq qilish amaliyotda katta ahamiyatga ega. Jumladan, Yer osti va Yer usti jismlari namunalaridagi elementlar tarkibini va kerakli element miqdorlarini optika sohasining sifat va miqdoriy tahlili qilish usuli yordamida aniqlash mumkin. Bunday tadqiqotlar geologiya sohasida katta ahamiyatga egadir.

Spektrlarning tahlili asosida atomlarning yoki molekullarning tuzilishi, ularning energetik sathlarining strukturasi hamda molekullarning harakatchanligi haqida mulohaza yuritish mumkin. Spektrlarning atom yoki molekullarga ta'sir etuvchi maydonlarga bog'liqligini bilgan holda zarrachalarning o'zaro joylashishlari haqida ma'lumotlar olinadi, chunki qo'shni atomlar o'z elektromagnit maydonlari vositasida ta'sirlashadilar.

1.2. Spontan va majburiy nurlanishlar

Spontan nurlanish. Energiyalari E_1 va E_2 ($E_1 < E_2$) bo'lgan biror atomda ikki sathni ko'raylik. Ma'lum T haroratda quyi energetik holatdagi hajm birligida atomlar soni N_1 , ikkinchi energetik sathdagi birlik hajmdagi elektronlar soni N_2 bo'lsin. U holda $N_1 = N_0 e^{-E_1/KT}$, $N_2 = N_0 e^{-E_2/KT}$. Odatdagi sharoitlarda ko'pchilik atomlar eng quyi energetik holatda bo'ladi. Bu holatda moddalar yorug'lik chiqarmaydi. Elektromagnit to'lqin modda orqali o'tganda elektromagnitik energiya yutiladi. To'lqin energiyasi ta'sirida atomlarning bir qismi uyg'onadi va yuqori energetik holatga o'tadi. Bunda E_1 va E_2 energiyasi farqiga teng bo'lgan $h\nu = E_2 - E_1$ energiya ajraladi. Mazkur energiya elektromagnit to'lqin sifatida ajralib chiqadi va bu jarayon o'z - o'zidan nurlanish yoki spontan nurlanishdir (1.3- rasm). Yuqori energetik sathdagi elektronlar o'z - o'zidan pastki energetik sathga o'tishiga spontan nurlanish deyiladi.



1.3 - rasm.

Nurlanayotgan to'liqin chastotasi quyidagi formula $\nu = \frac{YE_2 - YE_1}{h}$ orqali aniqlanadi. Bu yerda $h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ bo'lib, *Plank doimiysi* deyiladi.

Atomning 2 - holatdan 1 - holatga o'tishi nur chiqarmasdan ham yuz berishi mumkin. Bunda ikki sath orasidagi energiya farqi atrofidagi atom yoki molekulalarning energiyasini oshirishga sarf bo'ladi. Spontan (o'z - o'zidan) nurlanishning ehtimolligini aniqlash uchun t vaqtda 2 - sathda N_2 ta atom bor deb faraz qilaylik. Mazkur atomlarning o'z - o'zidan nurlanishi natijasida quyi sathga o'tish tezligi

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_{2,1} \cdot N_2 \quad (1.13)$$

2 - sathdagi atomlar soni N_2 ga proporsionaldir. $A_{2,1}$ kattalik *spontan (o'z - o'zidan) nurlanish ehtimolligi* bo'lib, uni *Eynshteyn koeffitsiyenti* deb ataladi. (1.13) dan

$$N_2 = N_{2,0} \cdot e^{-A_{2,1} \cdot t} \quad (1.14)$$

bu yerda, $N_{2,0}$ $t = 0$ vaqtda 2 - holatdagi atomlar soni.

O'z - o'zidan nurlanish quvvati ($R_{o'z}$)

$$R_{o'z} = h\nu \cdot A_{2,1} \cdot N_2 = h\nu \cdot A_{2,1} \cdot N_{2,0} \cdot e^{-A_{2,1} \cdot t} \quad (1.15)$$

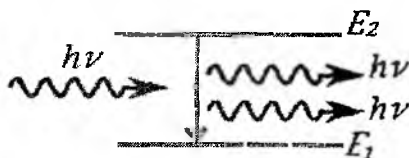
(1.14) dan ko'rinadiki, vaqtning qiymati $t = \frac{1}{R_{2,1}} = \tau_{o'z}$ ($\tau_{o'z}$ - o'z - o'zidan nurlanish vaqti) ga teng bo'lganda, 2 - holatdagi atomlar soni boshlang'ich holatdagi atomlar soniga nisbatan e

martam kamayadi. Bu vaqt atomning 2 - holatdagi o'rtacha yashash vaqti deb ataladi. (1.15) ga o'rtacha yashash vaqti qiymatini kiritsak,

$$R_{o'z} = h\nu \cdot A_{2,1} \cdot N_{2,0} \cdot e^{-t/\tau_{o'z}} \quad (1.16)$$

formula hosil bo'ladi.

Majburiy nurlanish. Ikki energetik sathga ega bo'lgan atomni qarab chiqaylik. Atom 2 - holatda bo'lganda chastotasi $2 \rightarrow 1$ o'tish chastotasi teng yorug'lik kvanti bilan o'zaro ta'sirlashsin. Atomga ta'sir qilayotgan kvantning chastotasi 2 - holatdan 1 - holatga o'tishida chiqadigan kvant chastotasiga teng bo'lgani uchun tushayotgan yorug'lik kvanti atomning 2 - holatdan 1 - holatga o'tishiga majburiy ta'sir qilishi mumkin. Natijada atomga tushayotgan birlamchi to'lqin bilan chastotasi, fazasi, qutblanishi, tarqalish yo'nalishi bir xil bo'lgan yana bir to'lqin paydo bo'ladi. Bu jarayon majburiy nurlanish nomini olgan (1.4 - rasm). *Majburiy nurlanish* – yuqori energetik sathdagi elektronlarni tashqi energiya yordamida pastki sathga tushganda yuzaga keluvchi elektromagnitik nurlanishdir.



1.4-rasm.

O'z - o'zidan ma'lumki, atomlar sistemasiga tushayotgan yorug'lik kvantlari soni qanchalik ko'p bo'lsa, majburiy nurlanish natijasida hosil bo'ladigan kvantlar soni ham shunchalik ko'p bo'ladi. Boshqacha so'z bilan aytganda, majburiy o'tish ehtimolligi birlamchi nurlanish energiyasining spektral zichligi ρ_ν ga mutanosib bo'ladi. Chastotasi ν dan $\nu + d\nu$ gacha bo'lgan

nurlanish energiyasi zichligi nurlanish energiyasining *spektral zichligi* deb ataladi, ya'ni:

$$W_{2,1} = B_{2,1} \cdot \rho_\nu \quad (1.17)$$

Bu yerda $V_{2,1}$ kattalik *majburiy nurlanish ehtimolligi*.
Majburiy nurlanish tezligi

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right) = W_{2,1} \cdot N_2 = -B_{2,1} \cdot \rho_\nu \cdot N_2 \quad (1.18)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Shunday qilib, spontan va majburiy nurlanish natijasida 2 - sathdagi atomlar sonining o'zgarishi

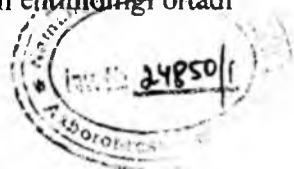
$$dN_2 = -(A_{2,1} + B_{2,1} \cdot \rho_\nu) \cdot N_2 \cdot dt \quad (1.19)$$

ga teng bo'lar ekan.

1.3. Energetik sathlar va ularni hosil qilish

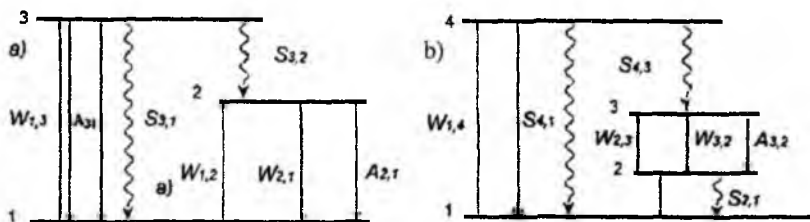
Invers bandlik hosil qilish usullarini ko'rib chiqaylik. *Invers bandlik* – yuqori energetik sathda elektronlarni soni pastdagiga nisbatan ko'p bo'lishi ($N_2 > N_1$) ga aytiladi.

Ikki sathli tizimda turg'un invers bandlikni hosil qilish bo'lmaydi. Haqiqatan ham yuqori sathga rezonans nurlanish yordamida zarralar chiqarilayotgan bo'lsa $N_2 \cdot g_1 = N_1 \cdot g_2$ bo'ladi va nurlanish jarayonlarining ehtimolliklari o'zaro tenglashadi hamda invers bandlik olish mumkin bo'lmay qoladi. Bu yerda g_1 va g_2 atom sistemasining bir xil energiya sathlariga ega bo'lgan karrali sonini ifodalovchi kattaliklar. *Rezonans nurlanish* - birinchi uyg'ongan asosiy sathlar orasidagi kvant o'tishda paydo bo'ladigan optik nurlanishdir. Shunday hol yuqori energetik sathga zarralarni o'zaro to'qnashuv jarayonida chiqarilishida ro'y berishi mumkin (misol uchun elektronlar yoki atomlar bilan). Bu holda yuqori sathda zarralar soni ortgan sari, zarralarning boshqa zarralar bilan to'qnashuvi natijasida pastki sathga tushib ketish ehtimolligi ortadi



va Bolsman tenglamasi asosida belgilangan $N_2 = N_0 \exp(-E_2/kT)$ miqdordan ortmaydi. Bu zarralarning harorati har doim musbat bo'lgani uchun $N_2 < N_1$ shart bajariladi va invers bandlik hosil bo'lmaydi. Invers bandlik ushbu holda hosil bo'lishi uchun yuqori sathga zarralarning chiqarilishi va quyi sathga tushib ketish jarayonlari turlicha bo'lishi mumkin. Invers bandlik uchun ushbu tizimda kamida uchta energetik sath bo'lishi kerak. Bulardan biri asosiy sathdir. Invers bandlikni hosil qilishning eng sodda usuli, ya'ni uch sathli tizim usuli 1.5 (a) – rasmda keltirilgan.

Invers bandlik metaturg'un 2 - sath va asosiy sathlar orasida hosil qilinadi. Metaturg'un 2 - sathni zarralar bilan to'ldirilishi 3 - sathdan zarralarning nurlanishsiz 2 - sathga $S_{3,2}$ ehtimollik bilan o'tishi natijasida hosil qilinadi. *Metaturg'un sath* – bu foton chiqarish bilan o'tish taqiqlangan sathdir.



1.5-rasm. Uch (a) va to'rt (b) sathli kvant sistemada invers bandlik hosil qilish chizmasi.

Ko'rilayotgan jarayonni soddalashtirish uchun boshqa nurlanishsiz o'tishlarni e'tiborga olmaylik. Bu hol olinayotgan natijalarga ta'sir etmaydi. Agarda 1 - va 3 - hamda 1 - va 2 - sathlar orasidagi to'g'ri va teskari o'tishlar va ehtimolliklarni mos ravishda $W_{1,3}$, $S_{3,1}$, $W_{1,2}$ va $W_{2,1}$ deb belgilasak, muvozanat holatida ushbu sathlardagi zarralarning balansini quyidagi ko'rinishlarda yozish mumkin.

$$\begin{cases} \frac{dN_3}{dt} = W_{1,3}N_1 - (W_{3,1} + A_{3,1} + S_{3,2})N_3 = 0 \\ \frac{dN_2}{dt} = W_{1,2}N_1 - (A_{2,1} + W_{2,1})N_2 + S_{3,2}N_3 = 0 \end{cases} \quad (1.20)$$

$$N_0 = N_1 + N_2 + N_3 \quad (1.21)$$

Bu yerda N_0 - faol zarralarning to'la konsentratsiyasi. N_1, N_2, N_3 lar - mos sathlardagi zarralarning konsentratsiyalari, $A_{3,1}$ va $A_{2,1}$ - spontan o'tishlarning ehtimolliklari. Yuqoridagi (1.20) va (1.21) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, 1- va 2 - sathlarning nisbiy to'ldirilganligi quyidagi

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{W_{1,3}(S_{3,2}/(W_{3,1} + A_{3,1} + S_{3,2})) + W_{1,2}}{A_{2,1} + W_{2,1}} \quad (1.22)$$

ifoda orqali aniqlanishi mumkin. Yuqori 2 - sathning effektiv to'ldirilishi quyidagi

$$A_{3,1} \ll S_{3,2} \quad , \quad W_{3,1} \ll S_{3,2} \quad (1.23)$$

shartlar bajarilgandagina ro'y berishi mumkin.

Bu holda (1.22) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{N_2}{N_1} \approx \frac{W_{1,3} + W_{1,2}}{A_{2,1} + W_{2,1}} \quad (1.24)$$

Agar ushbu (1.24) tenglikning har ikkala tomonidan 1 ni ayirsak, u holda

$$\frac{N_2 - N_1}{N_1} \approx \frac{W_{1,2} - A_{2,1}}{A_{2,1} + W_{2,1}} \quad (1.25)$$

bo'ladi.

Yuqoridagi aytilgan shartlar bajarilganda $N_3 \rightarrow 0$ va $N_1 + N_2 \approx N_0$ bo'ladi. 1 - va 2 - sathlar o'zgarmagan bo'lsa ($W_{1,2} = W_{2,1}$), 1-sathning to'ldirilganligi

$$N_1 = \frac{N_0(A_{2,1} + W_{2,1})}{A_{2,1} + W_{1,3} + 2W_{1,2}} \quad (1.26)$$

kattalikga teng bo'ladi, N_1 ni (1.25) ifodaga qo'yib, o'zgartirishlarni amalga oshirsak

$$N_2 - N_1 = N_0 \frac{W_{1,3} - A_{2,1}}{A_{2,1} + W_{1,3} + 2W_{1,2}} \quad (1.27)$$

ifodani olamiz.

Bu formuladan ko'rinib turibdiki (1.23) shartlar bajarilsa, inversiya quyidagi

$$W_{1,3} > A_{2,1} \quad (1.28)$$

holda hosil bo'lar ekan, ya'ni 3 - sathning to'ldirilish ehtimolligi 2 - sathdan zarralarning spontan nurlanishli o'tish ehtimolligidan katta bo'lishi kerak ekan.

Ko'rib chiqilgan uch sathli tizimda lazerdagi faol zarra sifatida yoqut (yoqut) kristalldagi xrom ionini keltirish mumkin.

Uch sathli tizimda invers bandlik hosil qilishning asosiy kamchiligi, bu juda ko'p zarralarning g'alayonlantirilishining (yuqori energetik sathga chiqarilishi) shartligidir. Haqiqatan ham $N \approx N_1 + N_2$ bo'lib, invers bandligi $N_2 > N_1$ sharti bajarilishini quyidagi $N_0 - N_1 > N_1$ ko'inishda yozsak, u holda

$$N_2 > \frac{N_0}{2} \quad (1.29)$$

kelib chiqadi.

Shunday qilib, uch sathli tizimda invers bandlik olish uchun yuqori energetik sathida barcha zarralarning yarmidan ko'prog'i joylashgan bo'lishi shart ekan. Ushbu shart g'alayonlantirish tezligiga, shu bilan birga damlash quvvatiga ham katta talablar qo'yadi. *Damlash* – bu tashqi energiya yordamida elektronlarni yuqori energetik sathga ko'tarishdir.

To'rt sathli sistema yuqoridagi aytilgan kamchiliklardan mustasnodir, uning diagrammasi 1.5 b - rasmda keltirilgan. Bunday energetik tizimda nurlanishning kuchayishi faol zarralarning 3 - sathdan 2 - sathga majburiy nurlanish berib o'tishida ro'y beradi. 3 - sathni zarralar bilan to'ldirilishi 1.5 b - rasmda ko'rsatilganidek, zarralarning 4 - sathdan 3 - sathga nurlanishsiz o'tishlari natijasida ro'y beradi. 2 - sathning zarralardan tezkorlik bilan bo'shatilishi esa undagi zarralarning nurlanishsiz 1 - sathga o'tishi orqali ro'y beradi. Bunday tizimda turg'un invers bandlik holatini hosil qilish sharti quyidagilardan iborat:

$$W_{2,3} > A_{3,2}, \quad W_{3,2} < S_{4,3}, \quad S_{2,1} > W_{3,2} \quad (1.30)$$

Shunday qilib, pastki ishchi sath (ya'ni 2 - sath) asosiy bo'lmagani uchun, invers bandlik 2 - va 3 - sathlarning zarralar bilan nisbiy to'ldirilganligiga bog'liq bo'lmaydi hamda uch sathli tizimga o'xshab, yuqori ishchi sath to'liq to'ldirilgan bo'lishi shart emas. Ushbu shart muhitda invers bandlikni kichikroq damlash quvvatlarida ham olish imkonini beradi. Ushbu uslubga misol qilib gazli lazerdagi CO_2 (korbanat anhidridi oksidi) molekularida, qattiq jism lazerlarida neodim ionida invers bandlik olishni va boshqalarni keltirish mumkin.

Invers bandlik hosil qilish uslublari nafaqat aniq energetik sathlar tizimiga, zarralar xususiyatlariga, faol muhitni tashkil etgan boshqa komponentlarga ham bog'liq ekan. Lazerlarning faol muhitlari sifatida gazlar aralashmalari, turli kondensirlangan moddalar, kristallar, shishalar, yarimo'tkazgichlar va suyuqliklar bo'lishi mumkin. Lazerli tizimlarda optik, gazrazryadli, gazodinamik va kimyoviy damlash usullari qo'llaniladi.

Optik damlash uslubida ishchi modda **gaz razryad yorug'lik** manбайдan chiqayotgan **uzluksiz yoki uzlukli ravishdagi yorug'lik** oqimi ta'sirida bo'ladi. Ushbu yorug'lik ishchi moddadagi zarralar **tomonidan** yutiladi va ular nurlanishsiz yuqori energetik sathga **o'tadi**. **Optik damlash deb**, uzlukli va uzluksiz yorug'lik nurlanishi ta'sirida faol muhitdagi zarralarni nurlanishsiz yuqori energetik **sathga o'tishiga** aytiladi.

Ushbu optik damlash uslubining kamchiliklaridan biri bu damlovchi nurlanish spektrining faol muhitni yutish spektriga mos kelmasligidadir. Optik damlash uslubi ko'proq kondensirlangan muhitlarda invers bandlik hosil qilishda ishlatiladi.

Gaz razryad damlash uslubida faol zarralar elektr razryadidagi erkin elektronlar va yordamchi gaz zarralar bilan to'qnashuvda g'alayonlantirilgan sathga chiqariladi. Gaz razryadidagi elektr maydon kuchlanganligini va gaz bosimini o'zgartirib, elektronlarning o'rtacha energiyasining optimal qiymatini hosil qilib, faol zarralarni effektiv ravishda g'alayonlantirib, katta hajmlarda invers bandlikni olish mumkin. So'ngi paytlarda kuchli elektronlar oqimini hosil qiluvchi texnikaning rivojlanishi munosabati bilan ularni katta bosimlar va hajmlardagi gazlarda invers bandlik olishda ishlatila boshlandi.

Gazodinamik damlash uslubida qizdirilgan gaz keskin ravishda kengaytirilganda metaturg'un holatdagi molekular soni birmuncha vaqt davomida pastki energiyaga ega molekular sonidan ko'p bo'lib qoladi, ya'ni invers bandlik paydo bo'ladi. Bu usul gazodinamik usul deb ataladi. Gazodinamik usulning asosiy ustunligi shundaki, issiqlik energiyasi to'g'ridan - to'g'ri lazer nurlanishi energiyasiga aylanadi. Gazodinamik usul yuqori quvvatli texnologik lazerlarda qo'llaniladi.

Kimyoviy damlash uslubida faol muhitda invers bandlik hosil qilish muvozanatsiz kimyoviy reaksiya natijasida olinadi. Bu uslubning asosiy afzalligi issiqlik va elektr manbalarining ishlatilmasligidir.

1.4. Lazerlarning tuzilishi va uning ishlash tamoyili

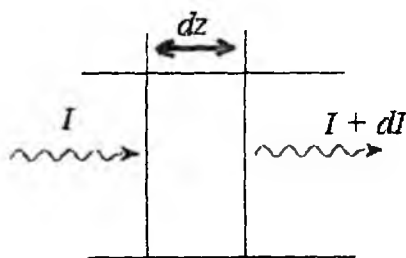
Atom sistemasi orqali tarqalayotgan monoxromatik nurlanish bu sistemada atomlarning bir energetik holatdan ikkinchi holatga majburiy o'tishiga olib keladi. Majburiy o'tishlar natijasida tushayotgan fotonlar yutilishi yoki yangi fotonlarning hosil bo'lishi kuzatiladi. Natijada atom sistemasi orqali o'tayotgan monoxromatik nurlanish intensivligining o'zgarishi ro'y beradi. Atom sistemasi uchun bandlik tushunchasini kiritaylik. Birlik

hajmdagi bir xil energetik holatga ega bo'lgan atomlar sonini bandlik deb ataladi. Ikki energetik sathi mos ravishda 1 va 2 ga teng atom sistemasining bandliklari N_1 va N_2 bo'lsin. Bu muhit orqali Z o'qi bo'ylab chastotasi $2 \rightarrow 1$ o'tish chastotasiga teng bo'lgan monoxromatik to'lqin tarqalayotgan bo'lsin. Majburiy nurlanish natijasida birlik vaqtda birlik hajmdagi $2 \rightarrow 1$ o'tishlar soni $W_{2,1} \cdot N_2 = \sigma_{2,1} \cdot I \cdot N_2$ ga teng bo'ladi ($\sigma_{2,1}$ -majburiy yutish ko'ndalang kesim yuzasi). Teskari yo'nalishdagi $1 \rightarrow 2$ majburiy o'tishlar soni esa $W_{1,2} \cdot N_1 = \sigma_{1,2} \cdot I \cdot N_1$ bo'ladi.

Atom sistemasi dz qalinlikka ega bo'lsa (1.6-rasm), nurlanish intensivligining o'zgarishi

$$dI = (\sigma_{2,1} \cdot N_2 - \sigma_{1,2} N_1) \cdot dz = \sigma_{2,1} \cdot I \cdot (N_2 - N_1 \frac{g_2}{g_1}) dz = \sigma_{2,1} \cdot I \cdot \Delta \cdot dz \quad (1.31)$$

ifoda orqali aniqlanadi.



1.6 - rasm.

Bu yerda

$$\Delta = N_2 - \frac{g_2}{g_1} \cdot N_1 \quad (1.32)$$

Bu kattalikni har bir sathlardagi bandliklar farqi deyish mumkin. $\Delta > 0$ bo'lgan holda yuqorigi 2- sathning bandligi 1- sathning bandligidan katta bo'ladi, ya'ni $\Delta > 0$ ga ega muhit *invers bandlikka ega muhit* deyiladi (*invers*- teskari ma'nosiga ega). Bunday deb

atalishining sababi shundaki, termodinamik muvozanat holatida energetik sathlarning bandligi Bolsman qonuniga bo'ysunadi va $N_2 < \frac{g_2}{g_1} \cdot N_1$ bo'ladi. $N_2 - \frac{g_2}{g_1} \cdot N_1$ bo'lgan muhitda $1 \rightarrow 2$ o'tishlar soni $2 \rightarrow 1$ o'tishlar soniga nisbatan ko'proq bo'ladi va bunday muhit orqali o'tayotgan nurlanish oqimi yutilishi natijasida susayadi. U holda *yutilish ko'effitsiyenti*

$$\kappa = \sigma_{2,1} \left(N_1 \frac{g_2}{g_1} - N_2 \right) \approx \sigma_{1,2} \cdot N_0$$

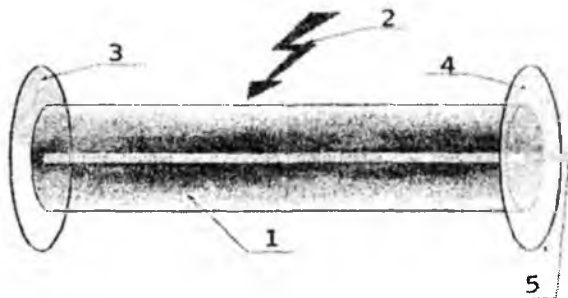
qiymatiga ega bo'ladi.

Agar muhitda invers bandlik hosil qilinsa κ - yutilish ko'effitsiyenti manfiy qiymatga ega bo'lib qoladi va muhit orqali o'tayotgan nurlanish uyg'ongan atomlar energiyasi hisobiga kuchayadi. U holda kuchaytirish ko'effitsiyenti $\alpha(\nu) = \sigma_{21} (N_2 - \frac{g_2}{g_1} \cdot N_1)$ qiymatga ega bo'ladi.

Lazerning faol muhitida o'z - o'zidan nurlanish natijasida tasodifan paydo bo'lgan fotonlar majburiy nurlanish natijasida kuchaya boradi. Invers bandlikka ega muhit *faol muhit* nomini olgan.

Majburiy nurlanish ehtimoli muhitga tushayotgan nurlanish intensivligini oshirish uchun uni qayta - qayta faol muhit orqali o'tishga majbur qilinadi. Buning uchun faol muhitni bir - biriga parallel bo'lgan birinchisining qaytarish ko'effitsiyenti 100%, ikkinchisini qaytarish ko'effitsiyenti 30 - 40% bo'lgan ko'zgular orasiga joylashtiriladi. Ko'zgular faol muhit uchun musbat qayta bog'lanishni amalga oshiradi. Natijada ko'zgularga perpendikular yo'nalishda tarqalayotgan yassi to'lqin faol muhit orqali ko'p marta o'tadi va har o'tishida kuchayib boradi.

Kuchaygan to'lqin qisman qaytaruvchi ko'zgu orqali lazerdan chiqadi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Lazerning tuzilishi.

1 - lazer moddasi (faol muhit), 2 - yuqori kuchlanishli manba, 3 - ko'zgu, 4 - yarim shaffof ko'zgu, 5 - lazer nuri.

Generatsiya hosil bo'lishi uchun faol muhitning kuchaytirishi lazerdagi barcha yo'qotishlardan katta bo'lishi kerak. Generatsiya – bu teskari aloqa mavjud bo'lganda majburiy yorug'lik chiqarish natijasida kogerent elektromagnitik to'qlinlarning hosil bo'lishidir.

Bu yo'qotishlar nurning muhitda yutilishi va qisman ko'zgular orqali chiqib ketishi bilan bog'liqdir. U holda kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\alpha = e^{\sigma_{2,1} \left(N_2 - \frac{g_2}{g_1} N_1 \right) L}$$

Faol muhit orqali bir marta o'tishdagi kuchayish e ga teng bo'ladi. L – faol muhitning uzunligi. Agar yo'qotishlar faqat nurlanishning ko'zgular orqali chiqib ketishi bilan bog'liq deb hisoblansa, generatsiya nurlanishining hosil bo'lishi

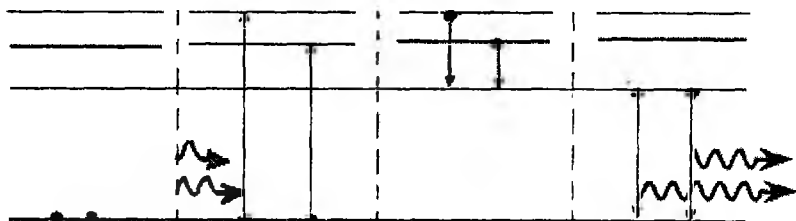
$$R_1 \cdot R_2 \cdot e^{\sigma_{2,1} \left(N_2 - \frac{g_2}{g_1} N_1 \right) L} = 1 \quad (1.33)$$

shart bajarilganda ro'y beradi. Bu shart generatsiya dovoni nomini olgan. R_1 , R_2 – ko'zgularning qaytarish koeffitsiyentlari, g_1 va g_2 atom sistemasining bir xil energiya sathlariga ega bo'lgan karrali sonini ifodalovchi kattaliklar.

(1.33) dan ko‘rinishicha generatsiya invers bandlik qandaydir kritik qiymatdan oshgandagina kuzatiladi.

Yoqut lazer. Yoqut (yoqutli) lazeri 1960-yilda T. Meyman tomonidan yaratilgan. Faol muhit sifatida sun‘iy yoqut - aluminiyning kristall holatidagi Al_2O_3 (aluminium oksidi) xizmat qiladi, bunda aluminiyning ma‘lum bir ulushi xrom atomlari bilan almashtirilgan bo‘ladi. Odatda, qo‘llaniladigan yoqut kristalida Cr_2O_3 (xrom oksidi) ning miqdori massa miqdori bo‘yicha Al_2O_3 atomlarining 0,05 % ni tashkil qiladi. Faol ionlarining konsentratsiyasi esa 10^8 sm^{-3} ga tengdir. Kristall panjarada xrom uch karra ionlashgan holda joylashadi, uning tashqi elektron qobig‘ida faqat uchta valent elektron mavjud bo‘ladi.

Yoqut kristall to‘lqin uzunligi yashil va ko‘k nurlarga to‘g‘ri keladigan yorug‘lik nurlarini ko‘p miqdorda yutish qobiliyatiga ega bo‘lib, o‘z navbatida maksimumi $\lambda = 694,3 \text{ nm}$ ga mos keladigan qizil nurlarni chiqaradi. Nurlanish chizig‘ining spektrini kengligi xona haroratlarida $\Delta\lambda = 0,4 \text{ nm}$ ni tashkil qiladi.



1.8-rasm. Lazerning ishlash uchun zarur bo‘lgan sath sxemasi.

Lazerning ishlashi uchun zarur bo‘lgan energetik sathlar 1.8 - rasmda keltirilgan. Gaz razryadi lampaning nurlanishi yoqut tomonidan yutilishi natijasida xrom ionidagi elektron yuqorida joylashgan $4YE_1$ yoki $4YE_2$ sathga o‘tadi. Nur chiqarmasdan o‘tish natijasida elektron 10^{-8} s vaqt davomida pastki uzoq yashovchi (yashash vaqti $3 \cdot 10^{-3} \text{ s}$) $2YE_2$ sathga o‘tadi. Yoqutda invers bandlik uch energiya sathida (orasida) hosil qilinadi. Lazerda quyi energetik sath asosiy sath bo‘lgani uchun, undagi zarralarning

yarmidan ko'pini uyg'ongan holatga o'tkazgandagina invers bandlik kuzatiladi. Yoqut uchun optik damlash energiyasi $100 \div 1000 J$ atrofida bo'ladi, ya'ni $1 sm^3$ hajmda $50 J$ energiya to'g'ri keladi.

Yoqut uchun majburiy o'tishlar ko'ndalang kesimi $\sigma \approx 3 \cdot 10^{-20} sm^2$, faol ionlar konsentratsiyasi $N = 10^{18} sm^{-3}$, demak, yoqutning kuchaytirish koeffitsiyenti $\alpha \approx \sigma_0 N_2 = 10^{-2} sm^{-1}$ qiymatga ega. Yoqut kristali diametri $5 \div 10 mm$ va uzunligi $10 \div 15 sm$ bo'lgan silindr shaklida sun'iy ravishda o'stiriladi. Bunday o'lchamli yoqut kristalida nurlanishning difraksion yoyilishlari kichik qiymatlarga ($10^{-4} rad$) ega. *Difraksion yoyilish* deganda yorug'lik parallel dastasining optik tizimda difraksiyasi tufayli yoyiluvchi dastagiga aylanishi tushuniladi. Real sharoitda generatsiya jarayoni ko'p modali bo'lgani uchun nurlanishning yoyilish burchagi $10^{-3} \div 10^{-2}$ radianni tashkil qiladi. *Moda* – bu fazoviy joylashuv va xususiy takroriylik bilan tavsiflanuvchi murakkab tebranish tizimlarida uyg'onuvchi tebranishlar ko'rinishi. Erkin generatsiya holatida esa $100 J$ gacha nurlanish energiyasini olish mumkin. Yoqut kristali ancha yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega. Masalan, diametri $1 sm$ bo'lgan silindrik faol element $t = 0,2 \div 0,5 s$ ichida sovushga ulguradi.

Yoqutli lazer impulslarining o'zgarish chastotasi $\Delta\nu = 2 \div 5 Gs$ bo'lgan takrorlanuvchi impulslar maromida ishlash inkoniyatiga ega. Yoqutli lazerning foydali ish koeffitsiyenti juda kichik bo'lib, u $0,3 \div 0,5 \%$ ni tashkil qiladi.

1.5. Lazer nurlanishining xususiyatlari

Lazer nurlanishining energiyasi va quvvatl. Lazerning ish rejimi¹ga qarab xususiyatlarini turli fizik kattaliklar bilan ifodalash mumki.

Lazer uzluksiz nur chiqaruvchi maromda (rejimda) ishlaganda uning xususiyatini xarakterlovchi asosiy kattalik sifatida quvvat olinadi. Hozirgi mavjud lazerning nurlanish quvvati keng

intervalda (oraliqda) o'zgaradi. Masalan: 10^{-3} Vt dan 10^{-6} Vt gacha va undan ortiq quvvatli lazerlar yaratilgan.

Shunga qarab quvvati 10^{-3} Vt dan kichik qiymatga ega lazerlar past quvvatli, quvvati 10^{-6} Vt dan katta lazerlar yuqori quvvatli lazerlar hisoblanadi.

Nurlanish intensivligi I va quvvati P orasidagi bog'lanish

$$P = I \cdot S \quad (1.34)$$

orqali ifodalanadi. Bu yerda S – nurning ko'ndalang kesim yuzasi.

Impuls va davriy impuls maromida ishlaydigan lazerlar uchun nurlarning bir impulsdagi energiyasi E_u , impulsning davom etish vaqti τ_u , impulslarning qaytarilish chastotasi ν_u , nurlanishning o'rtacha quvvati P_p va impuls quvvati P_u kabi kattaliklar muhim o'rin tutadi.

Lazer texnikasida ishlatiladigan maxsus usullar yordamida impulsning davom etish vaqti 10^{-2} s bo'lgan lazerlar yaratilgan. Bunday lazer nurlanishlari impulslaridan alohida ajratilgan nurlanishning bir impuls energiyasi E_u kichik $1 \div 10$ J qiymatga ega bo'lishiga qaramay, lazer nurining impuls qiymati juda kattadir. Ya'ni:

$$P_u = \frac{E_u}{\tau_u} = 10^{12} \div 10^{13} \text{ Vt}$$

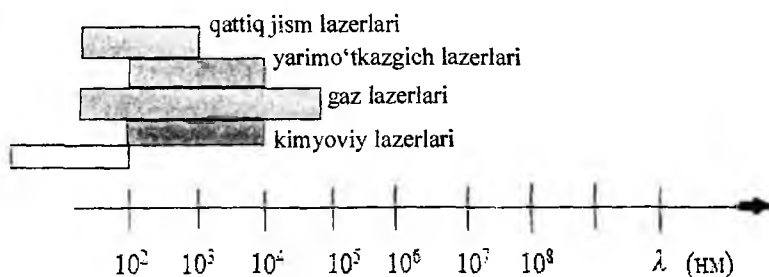
ifodaga ko'ra bunday lazer quvvati katta qiymatga ega bo'ladi.

Rezonator aslligini modulatsiyalash natijasida impulsning davom etish vaqti 10^{-9} s atrofida bo'lgan holda qattiq jisimli faol muhitga ega lazerning bitta impuls energiyasini 10^4 J ga yetkazish mumkin. *Rezonator* – muayyan takroriylikdagi tashqi kuch ta'sir qilganda eng katta amplituda bilan tebranish qobiliyatiga ega bo'lgan tebranish tizimi. *Asllik* – reaktiv quvvatning dielektrik yo'qotishlar burchagi kotangensiga teng kuchlanish ostida turgan izolatsiyasidagi dielektrik yo'qotishlarga nisbati. *Modulatsiya* –

qandaydir muntazam fizikaviy jarayonni tavsiflovchi kattaliklarni vaqt davomida berilgan qonun bo'yicha o'zgarish.

Lazerda yana bir kattalik, foydali ish ko'effitsiyenti bilan ham farqlanadi. Qattiq jisimli faol muhitga ega lazerlar $1 \div 5$, gaz lazerlari $1 \div 15$, yarimo'tkazgich lazerlar $40 \div 60\%$ foydali ish ko'effitsiyentiga ega. Lazerlarni loyihalashda lazerning foydali ish ko'effitsiyentlarini oshirishga alohida ahamiyat beriladi. Chunki past foydali ish ko'effitsiyentiga ega lazerlarda faol muhitni sovitib turish ancha murakkab muammolardan biridir.

Lazer nurlanishining to'liq uzunligi. Lazerlarning to'liq uzunligi qiymati bo'yicha rentgen nurlaridan tortib infraqizil nurlarigacha to'g'ri keladigan oraliqda nur chiqaradi. Ularning to'liq uzunliklari $1 \div 10^5 \text{ nm}$ oraliqda yotadi. Turli xil lazerlarning to'liq uzunliklari 1.9 - rasmda keltirilgan.



1.9-rasm. Turli lazerlar nurlari egallagan to'liq uzunliklari oralig'i.

Lazer nurlanishining monoxromatikligi. Ma'lumki, tabiatda to'la monoxromatik bo'lgan to'liq inurlur mavjud emas. Qat'iy bir chastotaga ega bo'lgan, kengligi $\Delta\nu \rightarrow 0$ to'liqlarni *monoxromatik to'liqlar* deb ataladi, ya'ni sinusoidal qonun bilan o'zgaruvchi va cheksiz davomiylikka ega bo'lgan to'liqlar to'la monoxromatik to'liqlar bo'ladi.

Lazer nurlanishining monoxromatikligi deganda lazerning juda kichik chastota oralig'ida nurlanish qobiliyati tushuniladi va u

$\Delta\nu/\nu_0$ kattalik bilan ifodalanadi. Lazer nurlanish chizig'ining kengligi $\Delta\nu$ generatsiya chog'ida hosil bo'ladigan chiziqlar soni bilan aniqlanadi. U qattiq jisimli faol muhitga ega lazerlarda (masalan yoqut, neodim lazerlari) kuzatiladi. Yoqut lazeri uchun $\Delta\nu/\nu_0 \approx 10^{-9}$, neodim lazeri uchun $\Delta\nu/\nu_0 \approx 2 \cdot 10^{-8}$ ga teng qiymatga ega bo'ladi.

Bir chastotali lazerlarning nurlanish chizig'i kengligi

$$\Delta\nu = 2P \cdot (\Delta\nu_r) \frac{h\nu_0}{R} \quad (1.35)$$

formula orqali ifodalanadi. Bu yerda, $\Delta\nu_r$ – rezonator chizig'ining kengligi, R – nurlanish quvvati. Xususan, $He - Ne$ lazer uchun $\Delta\nu/\nu_0 \approx 10^{-12} \div 10^{-13}$ ga teng bo'lishi mumkin.

Odatda lazer nurlanish chizig'ining kengligi faol muhitning bir jinsli emasligi, rezonator ko'zgarining yetarli aniqlikda tayyor emasligi, rezonator uzunligining titrashi natijasida o'zgarib turishi nazariy hisoblangan qiymatlardan ancha katta bo'ladi. Maxsus sharoitlarni hosil qilganda lazer nurlanishi kengligini 10^3 Gs gacha tushirish mumkin. Buning uchun faol muhitning issiqlik kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lishi, rezonator ko'zgarilari qo'zg'olmas taglikka o'rnatilishi va titrashlardan xoli bo'lishi kerak.

Lazer nurlanish monoxromatikligi boshqa har qanday yorug'lik manbalarining monoxromatikligidan g'oyatda yuqoridir, ya'ni lazerning birlik chastota orlig'ida nurlanishi boshqa yorug'lik manbalarining shunday nurlanishidan nihoyatda katta bo'ladi.

Lazer nurlanishining kogerentligi. Tabiatda uchraydigan yorug'lik manbalarining nurlanishi kogerent bo'lmagan nurlanishdir (kogerent nurlanish – tebranishlari vaqtga bog'liq bo'lmagan doimiy faza farqiga ega bo'lgan elektromagnit nurlanishlardir). Bunga sabab, tabiiy sharoitlarda turli atomlarning nurlanish jarayoni tasodifiy ravishda ro'y beradi, ya'ni turli atomlar nurlanishlari fazasi turlicha tasodifiy qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Buning natijasida turli atomlarning nurlanishlari qo'shilganda ularning intensivliklari ham qo'shiladi, interferension manzara kuzatilmaydi.

Fazalar farqi vaqt bo'yicha doimiy yoki yetarlicha (o'ta) sekin o'zgaradigan nurlanish kogerent nurlanish deyiladi. Kogerent nurlar qo'shilganda ularning fazalari farqi qanday bo'lishiga qarab, nurlanishning kuchayishi yoki susayishi, ya'ni interferension manzara kuzatiladi.

Lazer nurlanishi kogerentdir, chunki majburiy nurlanish jarayonida ko'p miqdordagi atomlarning nurlanishi deyarli bir vaqtda ro'y beradi, demak, ularning fazalari bir xil bo'ladi. Odatda ikki xil kogerentlik mavjud: vaqtiy va fazoviy kogerentlik. Agar ikki to'lqin fazalari yetarlicha sekin o'zgarsa, u holda tebranishlar fazalari farqi π bilan solishtirarlik darajaga yetgunga qadar vaqt davomida o'zaro kogerent bo'lib qolaveradi. Ikki to'lqin fazalari farqi π ga o'zgaradigan vaqt oralig'i kogerentlik vaqti t_{kog} deyiladi. Kogerentlik vaqti tushunchasi fazasi tasodifiy o'zgaruvchi bitta to'lqin uchun ham mazmunga egadir. Bu holda t vaqtda to'lqin aynan o'zining dastlabki fazasini unutmagan bo'ladi, ya'ni o'z - o'ziga nisbatan nokogerent bo'lib qoladi. Vaqti $t > t_{kog}$ bo'lganda to'lqinning bir qismi boshqa qismga nisbatan interferensiya manzarasini hosil qilish qobiliyatini yo'qotadi. Kogerentlik vaqti davomida to'lqin ko'chadigan masofa *kogerentlik uzunligi* deyiladi:

$$L_{kog} = s \cdot t \cdot 10^{-14} c, \quad L_{kog} = 3 \cdot 10^{-6} m$$

Lazer nurlanishining kogerentlik vaqti nurlanish chizig'ining kengligi bilan chambarchas bog'liqdir, u matematik tarzda quyidagicha yoziladi:

$$t_{kog} = \frac{1}{\Delta \nu} = \frac{\lambda^2}{c \Delta \lambda} \quad (1.36)$$

$$L_{kog} = \frac{c}{\Delta \nu} = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} \quad (1.37)$$

Uzluksiz nurlanadigan He - Ne (geliy - neon) lazeri uchun nurlanish chizig'i kengligi $50 \div 500 \text{ Gs}$ qiymatga, mazkur nurlanish uchun

$$t_{kog} = 2 \cdot 10^{-2} \div 2 \cdot 10^{-3} s, \quad L_{kog} = 6 \div 60 \cdot 10^5 m$$

qiymatlarga ega.

Impuls ravishda nurlanadigan qattiq jisimli lazer (ya'ni faol muhiti qattiq jismandan iborat lazer) juda ko'p sonli bo'ylama modalarda nurlanadi. Bunday nurlanishning chiziqli kengligi $\Delta\nu \sim 10^{12} Gs$, $t_{kog} = 10^{-2} c$, $L_{kog} \cong 3 \cdot 10^{-4} m$ qiymatlarga ega.

Vaqtning shu daqiqasida to'liqning tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lgan tekislikning turli nuqtalarida yuz beradigan kogerent tebranishlar fazoviy kogerentlikka ega tebranishlardir. Oddiy yorug'lik manbalari uchun fazoviy kogerentlik bir-biridan to'liq uzunligidan katta bo'lmagan masofada joylashgan nuqtalar uchun mavjud bo'ladi.

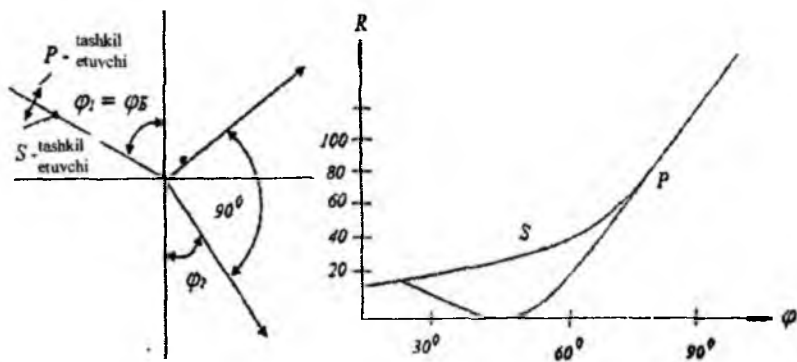
Lazer nurlanishi uchun fazoviy kogerentlik uzunligi lazer nuri dastasi kengligiga teng. Boshqacha so'z bilan aytganda, lazer nurlanishi dastasining turli qismlari ustma - ust tushirilsa, interferension manzara kuzatiladi.

Lazer nurlanishining qutblanishi. Lazer nurlarining qutblanishi elektromagnit to'liqning elektr vektori \overline{YE} fazoda qanday yo'nalganligini aniqlab beradi. Agar lazer nurining elektr vektori \overline{YE} nurining tarqalish yo'nalishiga perpendikular tekislikda biror chiziq bo'ylab tebransa, bunday nur *chiziqli qutblangan nur* deb ataladi.

Fazalar farqi o'zgarmas bo'lgan va bir - biriga perpendikular qutblanish tekisligiga ega ikki chiziqli qutblangan nur qo'shilishi natijasida elliptik qutblangan nur hosil bo'ladi. Bu nurlarning tebranish amplitudasi 3 ga teng bo'lsa va fazalari farqi $\frac{\pi}{2}$ yoki $\frac{3\pi}{2}$ teng bo'lgan ikkita chiziqli qutblangan nurlanishning qo'shilishi natijasida doiraviy qutblangan nurlanish hosil bo'ladi. Agar nurlanish qutblanmagan bo'lsa, elektr vektorining tebranishlari tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lgan ixtiyoriy tekisliklarda sodir bo'ladi. O'z-o'zidan o'tish natijasida hosil bo'lgan yorug'lik kvantining qutblanish yo'nalishi tasodifiy bo'ladi. Majburiy

nurlanish tufayli hosil bo'lgan yorug'lik kvanti, xuddi o'zini yuzaga keltirgan kvantning qutblanishi kabi qutblangan bo'ladi.

Chiziqli qutblangan yorug'lik nurlanishini hosil qilish uchun lazerning optik rezanatori ichiga qutblagich o'rnatiladi. *Chiziqli qutblangan yorug'lik* – elektr va magnit vektorlari tebranishlarining yo'nalishlari fazoning har qanday nuqtasida vaqt o'tishi bilan o'zgarib qoladigan yorug'lik. Bunday qutblangan nurlanishni hosil qilish uchun amaliyotda ko'pincha ikki muhit chegarasida nurlanishning qaytish koeffitsiyentiga bog'liq bo'lgan hodisalardan foydalaniladi. Qutblangan yorug'lik nurlanishini olishning eng ko'p tarqalgan usullaridan biri yorug'lik to'liqining gazli va qattiq muhit chegarasidan o'tishdagi qutblanishdir. Ikki muhit chegarasiga tushayotgan yorug'lik to'liqining ixtiyoriy ravishda joylashgan elektr maydon kuchlanganlik vektorini ikki o'zaro perpendikular ravishda joylashgan tashkil etuvchilarga (1.10-rasm) *S* - tashkil etuvchi va *R* - tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.



1.10-rasm. Qutblangan nurlanishning qaytish koeffitsiyentining tushish burchagiga bog'liqligi.

1.10 - rasmda keltirilgan bog'lanishlardan ko'rinib turibdiki, qutblanish turlicha bo'lgan nurlanishlarning ikki muhit chegarasiga

tushishi φ_1 burchagining o'zgarishiga qarab, qaytish koeffitsiyenti turlicha bo'lishi mumkin.

Agar yorug'lik nurlanishi ikki muhit chegarasiga Bryuster burchagi φ_B ostida $tg\varphi_B = n_0$ (bu yerda, n_0 – qattiq jismning sindirish ko'rsatkichi) shart bajarilgan holda tushayotgan bo'lsa, qutblanishning R – tashkil etuvchisi uchun qaytish koeffitsiyenti nolga teng bo'ladi. Yorug'lik nurlanishining ikki muhit chegarasiga tushish φ_1 va sinish φ_2 burchaklari o'zaro $\sin\varphi_1 / \sin\varphi_2 = n_0$ qonun bilan bog'langanligi uchun tushish burchagi $\varphi_1 = \varphi_B$ Bryuster burchagiga teng bo'lgan holda qaytgan va singan nurlanishlar orasidagi burchak 90° teng bo'ladi. U holda $\sin\varphi_1 / \sin(\pi/2 - \varphi_2) = \sin\varphi_1 / \cos\varphi_1 = tg\varphi_B = n_0$ kelib chiqadi. *Bryuster burchagi* – dielektrik sirdan qaytuvchi yorug'likning to'la qutblanadigan tushish burchagidir. Dielektrik sirdan qaytuvchi yorug'lik to'la qutblangan bo'lishi uchun tabiiy yorug'likning tushish burchagi bilan dielektrikning sindirish ko'rsatkichi orasidagi munosabatni – *Bryuster qonuni* deyiladi.

Shunday qilib, qaytgan va singan nurlar 90° burchak tashkil qilganda qutblanish darajasi eng yuqori bo'ladi. Bu holda qaytgan nur butunlay qutblangan, singan nur esa qisman qutblangan bo'ladi. *Qutblanish darajasi* – qisman qutblangan yorug'likning qutblangan qismini tashkil qiluvchi jadallikning yorug'likning to'la jadalligiga nisbati bilan xarakterlanadi.

Gazli lazerlarda chiziqli qutblangan nurlarni olish uchun razryad nayining chetlari Bryuster burchagi ostida joylashgan shisha plastinkalar bilan yopiladi. Buning natijasida Bryuster burchagi ostida qo'yilgan shisha plastinkalar bilan chegaralangan razryad nayli lazerlarning qutblanishlari to'la chiziqli qutblangan bo'ladi.

1 - BOBNI O'ZLASHTIRISHDA USTOZ - SHOGIRD O'RTASIDAGI BIRINCHI SUHBAT

Shogird. Ushbu bobning mazmuni bilan tanishganimda bir qator savollar paydo bo'ldi. Shular haqida so'rasam bo'ladimi?

Ustoz. Lazerlar to'g'risida gap ketganda uning asosi murakkab fizik jarayondan iborat ekanligini e'tiborga olsak, sizda savol tug'ilishi tabiiy. Tortinmasdan bemalol so'rayvering. Suhbatimizni nimadan boshlaymiz?

Shogird. Yorug'lik nuri tarqalishini uzluksiz jarayon degan ma'lumotga ega edim. Issiqlik nurlanish qonuniyatlari bayon qilinganda uzlukli, ya'ni kvantlar ko'rinishda ketma - ket tarqalishi ma'lum bo'ldi. Shunday bo'lsa yorug'lik manбайдan ma'lum masofaga joylashgan ekranga yorug'lik yuborsak ekrandagi yoritilganlikni doimo ko'rib turamizku. Uzlukli bo'lsa bir yorug' bir qorong'i ko'rinishga ega bo'lishi kerak edi.

Ustoz. Savolingiz o'rinli. Ekrandagi yoritilganlikning o'zgarishi ikkita ketma - ket tarqalayotgan kvantlar orlig'idagi vaqtga bog'liq. Ushbu vaqt qanchalik kichik bo'lsa bizga uzluksiz ko'rinishdagi yoritilganlikka ega bo'lamiz. Tajriba natijalariga asosan, bir sekund oralig'ida yorug'lik manбайдan tarqalayotgan kvantlar soni 54 tadan kam bo'lsa ekranda bir yorug' bir qorong'i ketma - ketligidagi manzarani kuzatishimiz mumkin. Bu tajribani o'zingiz tahsil olayotgan akademik litseylarda ham amalga oshirish mumkin.

Shogird. Atomlarning nurlanish qonuniyatlari energetik sathlarga bog'liq ekan. Bu sathlarni qanday tasavvur qilish mumkin?

Ustoz. So'ragan narsangiz o'ta murakkab xossalarga ega bo'lib, lazer nurlanishlarini hosil qilishda juda katta ahamiyatga ega. Sizga tushunarli bo'lishi uchun quyidagi misollar yordamida ifodalashga harakat qilaman.

Har qanday molekula yoki atom tashqi elektromagnit to'lqin nurlanishi ta'sirida bo'lmasa u muvozanat holatida turgan hisoblanib, ushbu holat quyi energetik sath holatini xarakterlaydi. Agarda quyi energetik sathlarida turgan atomga tashqi

elektromagnit to'liqin nurlanishi bilan ta'sir qilinsa atom ma'lum bir energiyani olib, yuqoriga, ya'ni o'zi uchun xarakterli bo'lgan yuqori sathga ko'tariladi. Bu sathlar oralig'idagi fizik jarayonda yutilish hodisasi ro'y beradi.

Shogird. Kechirasiz ustoz, so'rashga tortinib turgan edim. Yuqori sathga ko'tarilgan atomning taqdiri nima bo'ladi?

Ustoz. Fikrlashingiz yaxshi. Yuqori sathga ko'tarilgan atom, yutgan energiyaning hisobiga yana pastga qarab harakatlanib, o'zidan nurlanish chiqaradi. Bu nurlanishning davomiyligiga qarab o'ziga xos bo'lgan quyi sathni hosil qiladi.

Shogird. Juda qiziqarli jarayon ekan. Shu o'rinda yana bitta savol tug'ilib qoldi, so'rasam bo'ladimi?

Ustoz. Albatta, so'rang?

Shogird. Nurlanish davomiyligi degan tushunchani ishlatdingiz. Bir kitobda o'qiganimda relaksatsiya vaqti degan iboraga duch kelgan edim. Shu haqda ham ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Yaxshi. Energetik sathlar oralig'idagi fizik jarayonlarni relaksatsion jarayonlar deb yuritiladi. Bu jarayonlar o'ta qisqa vaqt ichida sodir bo'lib, atomlarning xossalriga qarab $10^{-12} - 10^{-14}$ s oralig'ida sodir bo'ladi. Bu vaqtni relaksatsiya vaqti deb ataladi. Nurlanishning davomiyligiga kelsak yuqori sathdagi atomni pastki energetik sathga o'tish holatidagi nur chiqarib turish vaqti tushuniladi.

Shogird. Biz jismlarning muvozanat holati to'g'risidagi tushunchaga egamiz. Ushbu bobni o'qiganimda termodinamik muvozanat holati iborasiga duch keldim. Ushbu jarayon to'g'risida to'la tushunchaga ega bo'lsam yaxshi bo'lar edi.

Ustoz. Yaxshi. Termodinamik muvozanat tushunchasi ko'proq absalyut qora jismning nurlanishiga tegishli bo'lib, o'zining energiyasini tashqariga chiqarmaydigan va o'z navbatida tashqaridan ham energiya yutmaydigan sistemaga aytiladi.

Shogird. Tashqaridan energiya olmasa, o'zidagini tashqariga chiqarmasa jism nimani hisobiga o'zidan nur chiqaradi?

Ustoz. Savolingiz o'rinli. Bu qonuniyat absalyut qora jismlar uchun ko'proq tegishli bo'lib, atomlar yoki molekulalarning ichki issiqlik harakati hisobiga nur chiqaradi.

Shogird. Ustoz buyuk bobokolonlarimizdan biri hazrat Alisher Navoiy “Bilmaganni so‘rab o‘rgangan olim, orlanib so‘ramagan o‘zigm zolim” deganlaridek, bilmaganlarimni tortinmay so‘rashga ijozat so‘ramoqchiman.

Ustoz. Bemalol so‘rayvering. Shogirdlarni to‘g‘ri yo‘lga boshlash, bilmaganini o‘rgatish ustozlarning vazifasiga kiradi.

Shogird. Rahmat ustoz. Absalyut qora jism to‘g‘risida ko‘p eshitganman. Ma‘lumki amalda ideal absolyut qora jism yo‘q. Shuning uchun absolyut qora jismni qanday tasavvur qilish mumkin?

Ustoz. Xabaringiz bor ayrim sabablarga ko‘ra Quyosh Oyning soyasiga to‘g‘ri kelib tutiladi. Yoshligimizda Quyoshni tutilish jarayonini kuzatish uchun juda eski paxta yoki ishlatilgan matolarni yoqsak undan o‘ta qora tutun chiqadi. Deraza oynalarining singan bo‘laklarini tutunga tutib, ma‘lum qalinlikdagi qora kukunli sirt hosil qilib, shu orqali Quyosh tutilishini kuzatar edik. Shu shishadagi qora sirtini qirib olib yig‘sak, bu jism absalyut qora jism xossalariga yaqin muhitni hosil qilamiz.

Shogird. Kechirasiz, elektromagnit to‘lqinning asosiy parametrlaridan biri uning to‘lqin uzunligi bo‘lib, angstremlarda (A^0) o‘lchanishini eshitgan edim. Endi bilsam, nanometr (nm) o‘lchov birligi ham bor ekan. Ular orasida bog‘lanish bormi?

Ustoz. Albatta, o‘zaro bog‘lanish mavjud. Angstromning o‘ndan bir qismi bir nanometrga teng bo‘ladi. Ya‘ni $1 A^0 = 0,1 nm$ ga teng.

Shogird. Ushbu suhbat orqali men qimmatli ma‘lumotlarga ega bo‘ldim. Katta rahmat.

II BOB. LAZERLARNING TURLARI VA ULARNING TUZILISHI

Birinchi lazer 1960-yilda T. Meyman tomonidan yaratilgan. Keyinchalik xorijiy mamlakatlar olimlari bilan bir qatorda lazer nurlanishlarini energiyasini oshirish, kam energiya sarflaydigan, barcha ko'rsatkichlari bo'yicha samarali bo'lgan yangi faol muhitlarda lazerlar yaratish sohasida O'zbekiston fizik olimlarining ham salmoqli hissalari bor. Hozirgi vaqtga kichik lazer nurlanishi - yuzlab faol muhitlarda hosil qilingan. Bu faol muhitlar o'zining agregat holatlari, ishlash sharoitlari va boshqa o'ziga xususiyatlari bilan farq qiladi. Talabalarda lazerlar haqida asavvur paydo qilish uchun biz keng tarqalgan lazerlarning turlari ularning ishlash tamoyillari bilan tanishtirib o'tamiz.

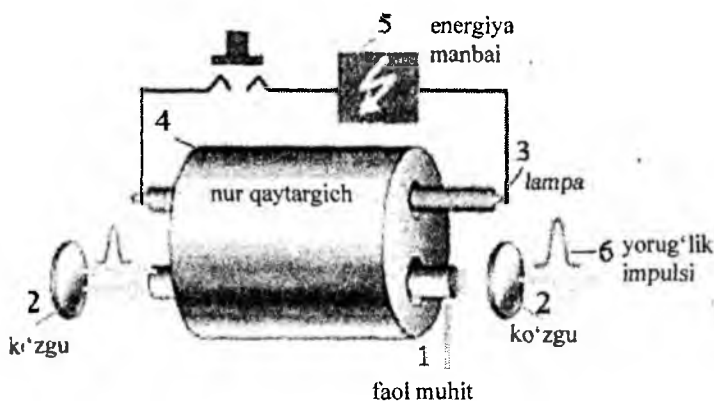
2.1. Qattiq jismli lazerlar

Lazerlarni faol muhitlarining agregat holatiga ko'ra qattiq jismli, gazli, ionli, kimyoviy va yarimo'tkazgichli lazerlarga ajratiladi.

Faol muhiti kristall yoki shisha bo'lgan lazerlar qattiq jismli lazerlar nomini olgan. Qattiq jismli lazerlarda invers bandlik optik damlash yo'li bilan hosil qilinadi. Bunday lazerlar faol muhitining asosini qattiq jismga kiritilgan aralashmaning ionlari tashkil etadi, ya'ni xrom, nikel, kobalt, neodim, erbi va boshqa ionlar qo'llaniladi.

Faol muhit bir necha shartlarni qondirishi kerak, jindan, optik jihatdan bir jinsli, mexanik jihatdan mustahkam issiqlik o'tkazuvchanligi katta, issiqlik ta'siriga chidamli, nurlanish to'liq uzunliklari sohasida shaffof va mexanik qayta ishlashlar natijasida katta o'lchamli faol elementlar olish imkoniyatini beradigan bo'lishi shart.

Bi barcha talablarga to'la javob beradigan moddalar kam. Qattiq jisimli lazerning tuzilishi 2.1- rasmda ko'rsatilgan.



2.1-rasm. Qattiq jisimli lazerning tuzilishi:

- 1- Faol muhit, 2- rezanator ko'zgulari, 3- gaz razryadli lampa, 4- nur qaytargich, 5- yuqori kuchlanishli energiya manbai, 6-yorug'lik impulsi.

Qattiq jisimli lazerlarda yuqori energetik sathni zarralar bilan to'ldirilishi yuqorida turgan bir nechta sathlardagi zarralarni nurlanishsiz tushishi orqali amalga oshiriladi. Optik damlash lanpasining nurlanishi faol elementning asosiy sathida joylashgan zarralarini eng yuqori sathlariga chiqaradi. Bu sathga chiqarilgan zarralarning yashash vaqtlari kichik bo'lgani uchun ular yuqori ishchi lazer sathiga tushib, bu sathda to'planadilar va quyi ishchi lazer sathiga nisbatan invers bandlikni hosil qiladi. 2.1 - rasmdagi nur qaytargich (4) gaz razryadli lampa (3) nurlanishini to'la faol muhitga qaytarish uchun xizmat qiladi. Rezanator ko'zguvarining (2) vazifasi zarralarni qisqa muddatda ionlashishtirishdan iborat. Energiya manбайдan (5) olingan elektr energiyasi razryadda, nur qaytargichda, faol muhit (1) yutish spektriga mos kelmagan nurlanishda yo'qotiladi. Lazer nurlanishidagi bu yo'qotish energiyaning 1÷5 % ni tashkil etadi. Elektr energiyasining asosiy

qismi faol muhitni qizdiradi va sovutgich tomonidan faol muhit sovutib turiladi. Berilgan impuls faol muhit ta'sirida kuchayib, (6) shaklida chiqadi.

Qattiq jisimli lazerlarning aksariyatida impuls ravishda optik damlash (yorug'lik manbai) qo'llaniladi. Impuls lampaning nurlanishi taxminan bir millisekunddan kamroq vaqt davom etgan holda lazer nurlanishi davomiyligi $0,3 \div 0,5 \text{ ms}$ bo'lgan impuls tarzida ro'y beradi. Bu ish uslubi lazerning *erkin generatsiyasi* deyiladi.

Erkin generatsiya nurlanishi impulsning davom etish vaqti *1mks* va impulslar orasidagi vaqt oralig'i *10 mks* bo'lgan impulslardan iborat. *Erkin generatsiya* – nurlanish davomiyligi qisqa muddatli impulsli nurlanishdir.

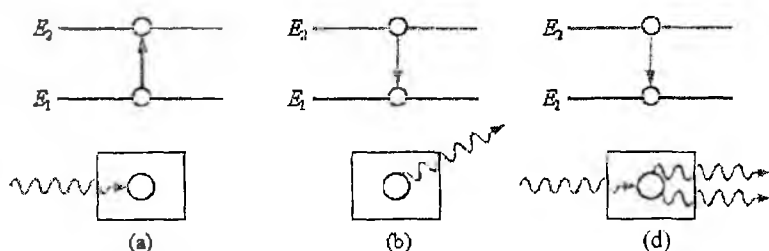
Qattiq jisimli lazerlarning nurlanish quvvatini oshirish va impulsning davom etish vaqtini qisqartirish rezonator (ya'ni muayyan takroriylikdagi tashqi kuch ta'sir qilganda eng katta amplituda va tebranish qobiliyatiga ega bo'lgan tebranish tizimi) aslligini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Mazkur usul *rezonator aslligini modulatsiyalash* nomini olgan.

Bu holni vujudga keltirish uchun optik rezonator ichiga yorug'lik nuri ta'sirida tiniqlashuvchi optik zulfin (zatvor) joylashtiriladi. *Optik rezonator* – bu yorug'lik nurini optik asboblarda yordamida kuchaytirishdir. *Zulfin* – nurni qisqa muddatda yopib – ochib turadigan qurilmadir. G'alayonlantirilgan zarralarning yuqori energetik sathdan relaksatsiya vaqtiga teng vaqt ichida faol elementini optik damlash ($10^{-4} \div 10^{-3} \text{ sekund}$) orqali amalga oshiriladi. *Damlash* – tashqi energiya yordamida elektronlarni yuqori sathga ko'tarishdir.

Invers bandlik eng katta qiymatga ega bo'lgan vaqtda esa optik zulfin qisqa vaqtga ochiladi, natijada davom etish vaqti $10^{-3} \div 10^{-9} \text{ s}$ bo'lgan qisqa impuls hosil bo'ladi. Bu impuls *monoimpuls* deb ataladi. *Monoimpuls* – yakka impuls degan ma'noni bildiradi. Shu vaqt ichida barcha g'alayonlantirilgan zarralar yuqori sathdan qo'yi sathga majburiy nurlanish berib o'tadi hamda monoimpulsli nurlanish generatsiyalanadi.

Faol muhitga yig'ilgan energiya qisqa vaqt ichida nurlanish hosil qilgani uchun uning quvvati erkin generatsiya nurlanishi quvvatiga nisbatan bir necha marta katta bo'ladi. Misol tariqasida faol muhit sifatida yoqut elementlari qo'llanilgan lazerni ishlash tamoyilini qarab chiqamiz.

Lazerning ishlash tamoyili. Odatdagi sharoitlarda ko'pchilik atomlar quyi energetik holatda bo'ladi. Shuning uchun past temperaturalarda moddalar yorug'lik chiqarmaydi. Elektromagnit to'lqin modda orqali o'tganda elektromagnit to'lqinning energiyasi yutiladi. To'lqin energiyasi ta'sirida atomlarning bir qismi uyg'onadi, ya'ni yuqori energetik holatga o'tadi. Bunda yorug'lik dastasidan sathlarning YE_1 va YE_2 energiyasi farqiga teng bo'lgan $h\nu = YE_2 - YE_1$ energiya ajraladi. Tashqi elektromagnit to'lqin ta'sirida uyg'ongan atom qo'shni atomlar bilan to'qnashganda ularga o'z energiyasini berishi yoki ixtiyoriy yo'nalishda foton chiqarishi mumkin.



2.2-rasm.

Biron usul bilan muhit atomlarining ko'p qismi faollashtirilgan bo'lsa, u holda modda orqali

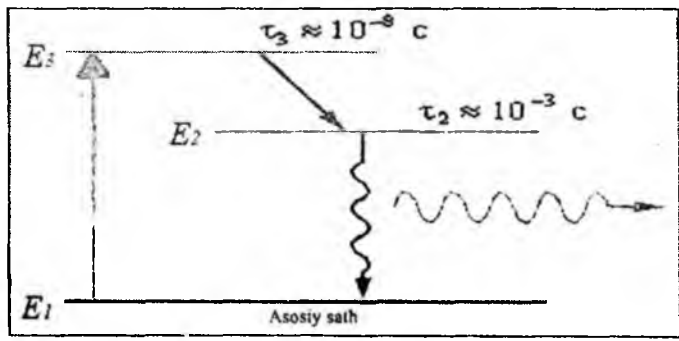
$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

chastotali elektromagnit to'lqin o'tganida bu to'lqin zaiflashmaydi, aksincha induksiyalangan nurlanish hisobiga kuchayadi. Bu to'lqin ta'sirida atomlar quyi energetik holatga o'tadi va bunda chastotasi,

fazasi jihatidan tushuvchi to‘lqinga mos bo‘lgan to‘lqinlar chiqaradi. 2.2 (a) - rasmda yorug‘likni yutilishi, (b) - rasmda qo‘zg‘otilgan atom va to‘lqin, (d) - rasmda esa atomning asosiy holatga o‘tganligi va to‘lqinning kuchaygani sxematik ravishda qo‘rsatilgan.

Uch sathli sistemada yoqut lazeri. Atomlari tashqi elektromagnit to‘lqin ta’sirida uyg‘otilgan holatda bo‘lgan muhitlar hosil qilishning turli usullari bor. Yoqut lazerida buning uchun kuchli maxsus lampadan foydalaniladi. Atomlar yorug‘lik yutish hisobiga uyg‘onadi.

Biroq lazerning ishlashi uchun ikki energetik sath yetarli emas. Tashqi elektromagnit nurlanishi vazifasini bajaruvchi lampaning yorug‘ligi har qancha kuchli bo‘lmasin, uyg‘otilgan atomlar soni uyg‘otilmagan atomlar sonidan ortiq bo‘lmaydi. Chunki yorug‘lik ayni vaqtda atomlarni uyg‘otadi, ham atomlarni yuqori sathdan quyi sathga majburiy ravishda induksiyalab o‘tkazadi. Uchinchi sathni hosil qilish yo‘li bilan energiyani bir joyda to‘plash imkoniyatiga ega bo‘lamiz (2. 3-rasm).



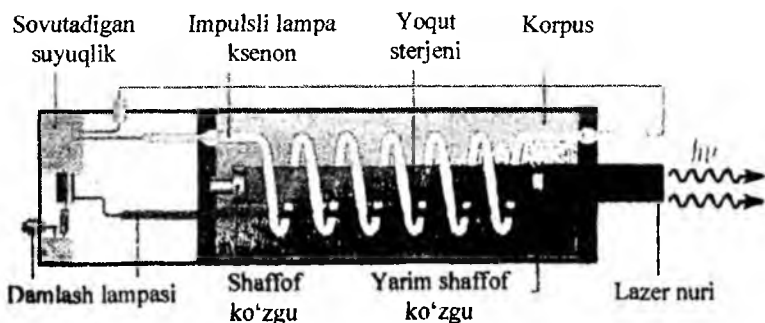
2.3-rasm. Uch sathli energetik tizim.

Shunisi muhimki, tashqi ta’sir bo‘lmaganda atomlarning turli energetik sathlarda yashash vaqti bir-biridan katta farq qiladi. E_3 – sathda juda qisqa vaqt, ya’ni $10^{-8}s$ vaqt davomida yashaydi va so‘ngra nurlanmasdan o‘z - o‘zidan E_2 - sathga o‘tadi va yashash

vaqti $10^{-3}s$ ga teng. Tashqi elektromagnit to'liq ta'siridan YE_2 - sathdan YE_1 - sathga o'tishda nurlanish sodir bo'ladi. Lampaning kuchli chaqnashidan keyin atom ionlari E_3 - sathga o'tadi va $10^{-8}s$ ga yaqin vaqt o'tgandan keyin YE_2 - sathga o'tadi va unda uzoq muddat "yashaydi". Shunday qilib, uyg'otilgan YE_2 - sathning uyg'otilmagan YE_1 - sathdagiga qaraganda atomlar ko'proq bo'ladi.

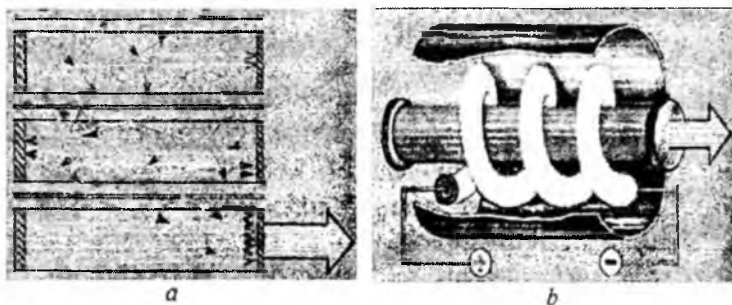
Yoqut – aluminiy oksidi (Al_2O_3) va xrom (Cr^{3+}) atomlari (0,05% ga yaqin) aralashmasidan iborat och qizil kristalldir. Kristalldagi xrom ionlari sathlari yuqorida talab qilingan xossalarga egadir.

Yoqut lazerining tuzilishi. U juda yuqori aniqlikdagi parallel tekisliklarda joylashgan, uchlari tekis silliqqlangan sintetik yoqut (xrom atomlari qo'shilgan aluminiy oksidi) sterjenidan iborat bo'lib, umumiy ko'rinishi 2.4- rasmda ko'rsatilgan. Sterjen uchlari kumush bilan qoplanadi, bunda yoqut sterjenning bir uchi shaffof, ikkinchi uchi esa yarim shaffof ko'zgu qilinadi. Lazerning yorug'lik nurlanishi xrom atomlari tomonidan hosil qilinadi. Xrom atomlarini uyg'ongan holatga o'tkazish uchun sterjen impulsi lampa yoki gaz - yorug'lik trubkasiga joylashtiriladi. Spiral shaklida ishlangan gaz razryad lampa ko'kimtir-yashil yorug'lik beradi.



2.4-rasm. Faol muhiti yoqutdan iborat bo'lgan lazerning tuzilish sxemasi.

Lampa chiqarayotgan yorug'likni yutgan xrom atomlari uyg'onadi, so'ngra pastroq energetik holatga o'tib, ularning o'zi qizil yorug'lik chiqaradi. Xromning uyg'ongan atomlaridan biri o'z - o'zidan sterjen o'qi bo'ylab uchib yuruvchi kvant chiqaradi. Bu kvant boshqa xrom atomlarining induksiyalangan nurlanishini hosil qiladi. Kvantlar sterjen uchlaridan qaytib, uning o'qi bo'ylab ko'p marta uchib o'tadi (2.5 a -rasm). Bunday qizil yorug'lik fotonlari quyuni tez ortadi va nihoyat, sterjenning yarim shaffof uchidan tashqariga chiqadi, ya'ni qisqa muddatli, lekin qudratli va qat'iy yo'nalgan qizil nurlanish hosil bo'ladi, bu nurlanish *lazer nuri* deb ataladi (2.5 b - rasm).



2.5-rasm.

a – kristalldagi atomlarning harakati;

b – lazer nurini hosil bo'lishi.

Uyg'ongan xrom atomlari faqat muayyan fotonlarnigina sezuvchi atom rezonatorlari bo'lib xizmat qiladi. Demak, yoqut sterjeni induksiyalangan nurlanish hosil qiluvchi hajmiy rezonatordir. Sterjen ichida nurlanishni kuchaytirish uchun ko'zgular (sterjen uchlari) orasidagi masofa lazer nurlayotgan yorug'lik yarim to'lqin uzunligining butun soniga teng bo'lishi kerak. Sterjenning kumush yuritilgan uchlari lazerning faqat yorug'lik nurlanishining kuchaytiruvchi ko'zguli rezonator hisoblanadi.

Lazer ishlaganda sterjenda ko'p issiqlik ajraladi, shuning uchun sterjen suyuqlik yordamida sovutib turiladi. Sterjen ichida fotonlar oqimi zichligining juda katta bo'lishi tufayligina xuddi shu induksiyalangan nurlanish yordamida uyg'ongan xrom atomlari past energetik holatga o'tadi, chunki fotonlar oqimi zichligi kichik bo'lganda xrom atomlarining ko'pi o'z - o'zidan foton chiqara boshlaydi, bu esa lazer nurlanishining kogerentligini buzadi.

Yoqut lazerining yorug'lik nurlari juda yorqin bo'ladi. Bunday lazer nurini ko'zimiz hatto 40 km masofadan ham sezadi. Yoqut lazeri ketma - ket keluvchi impulslar ko'rinishda va to'lqin uzunligi 694,3 nm, quvvati $10^6 \div 10^9$ Vt ga teng bo'lgan impulsli nurlanish chiqaradi.

Lazerning kuchli yorug'lik oqimi qattiq, suyuq va zich gazsimon moddalarga ta'sir qilganda bir qancha yangi ajoyib hodisalar kuzatiladi, masalan, nurlanish chastotasi ikkiga ajraladi, ya'ni qizil yorug'likdan binafsha yorug'lik hosil bo'ladi. Lazer nurlanishining kogerentligi bu nurlanishni modullash yo'li bilan turli informatsiyani uzoq masofalarga, masalan, televizion ko'rsatuvlarni uzatishda undan foydalanishga imkon beradi.

2.2. Gazli lazerlar

Gaz lazerlarida faol muhit sifatida qo'llaniladigan gazning bosimi odatda bir necha millimetr simob ustuni bo'lgani uchun nurlanish chizig'ining gaz molekularining to'qnashishi natijasida kengayishi juda kichik bo'ladi. Nurlanish chizig'ining kengayishi asosan Dopler effekti bilan bog'liqdir. *Dopler effekti* – bu tebranishlar manbai va kuzatuvchi bir - biriga nisbatan harakatlenganda kuzatuvchi sezadigan tebranish takroriyligi yoki to'lqin uzunlikning o'zgarishlaridir. Nurlanish chizig'ining kengligi juda kichik bo'lgani sababli gaz muhitlarida invers bandlikni hosil qilish uchun ham optik damlash usulidan foydalanish yaxshi samara beradi. Optik damlashda qo'llaniladigan lampada nurlanishi deyarli uzluksiz bo'lib, yutish chiziqlari kengligi kichik bo'lganda optik nurlanish energiyasining juda kam ulushiga invers bandlikni hosil qilish uchun sarflanadi. Shuningdek, gaz

lazerlarida atomlarni uygʻongan holga oʻtkazish uchun elektr razryadi qoʻllaniladi. Bu usul elektr damlash nomini olgan. *Elektr damlash* – elektr tokini hosil qiladigan elektronlar oqimi faol muhit bilan toʻqnashish natijasida invers bandlik hosil qilishdir.

Elektr damlashda gaz orqali elektr toki oʻtishi natijasida ionlar va erkin elektronlar hosil boʻladi. Ular elektr maydonida tezlashishi natijasida qoʻshimcha kinetik energiya oladilar va neytral atomlar bilan toʻqnashganda ularning uygʻongan holatga oʻtishiga sababchi boʻladilar. Toʻqnashuv orqali atomlarni uygʻongan holatga oʻtkazish jarayonida katta massali ionlarga nisbatan, kichik massali elektronlar koʻproq rol oʻynaydi, chunki past bosimdagi gazda elektronlarning oʻrtacha energiyasi ionlarning oʻrtacha energiyasiga nisbatan bir qancha katta boʻladi. Maʼlum vaqtdan soʻng gazda elektronlarning oʻrtacha harorati T bilan tavsiflanuvchi muvozanat holat vujudga keladi.

Gazlarda elektr damlash ikki yoʻl bilan amalga oshiriladi:

1. Faqat bir xil zarralardan iborat gazda atom faqat elektron bilan toʻqnashish natijasida uygʻongan holga oʻtishi mumkin:



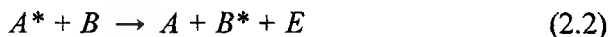
e – elektron;

X – asosiy holatdagi atom;

x^* – uygʻongan holatdagi atom.

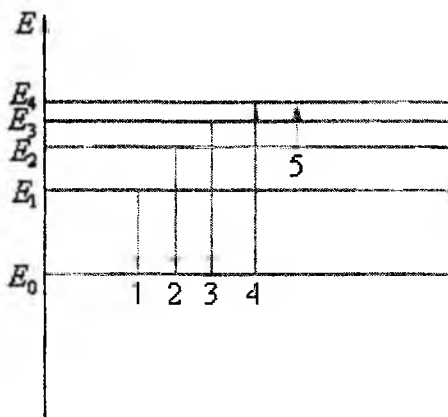
2. Ikki gaz (A va V) aralashmasida turli atomlarning oʻzaro toʻqnashuvi natijasida energiya rezonans ravishda bir atomdan ikkinchi atomga uzatilishi uygʻongan holatni hosil qiladi. Bu jarayon sxematik tarzda 2.6 - rasmda koʻrsatilgan.

A atom uygʻongan holatda, V atom esa asosiy holatda deb hisoblaylik. Ularning uygʻongan holatlari orasidagi energiya farqi $E < kT$ boʻlsin. Bu vaqtda A va V atomning uygʻongan holatga oʻtish ehtimoli mavjud boʻladi, yaʼni



A^* – uygʻongan holatdagi atom;

B^* – uygʻongan holatdagi atom.



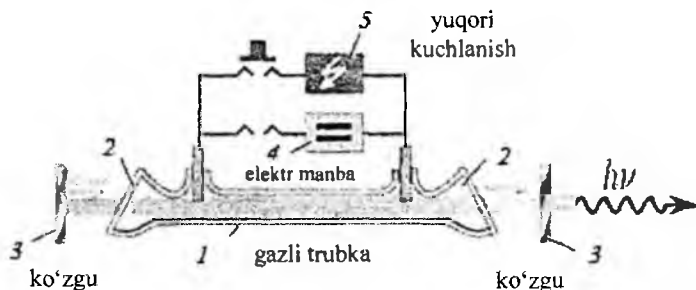
2.6-rasm. Atomlarning energetik sathlari diagrammasi.

YE energiya atomning ilgarilanma harakati energiyasiga qoʻshilishi yoki undan ayrilishi mumkin. V atomlarning bu jarayonda uygʻongan holatga oʻtishi A atomning uygʻongan holati uzoq yashovchi metastabil boʻlgandagina samarali boʻladi. Chunki, uygʻongan holatga oʻtgan A atomlar bu holatda uzoq vaqt saqlanib turadilar va V atomlarni uygʻongan holatlarga oʻtkazish uchun xizmat qiladilar. 2.2 - reaksiya boʻyicha roʻy beradigan jarayon *ikkinchi tur toʻqnashuvlar* nomini olgan.

Atom uygʻongan holatdan asosiy holatga yoki pastki energiya holatiga toʻrt xil yoʻl bilan oʻtishi mumkin:

- uygʻongan atomning erkin elektron bilan toʻqnashuvida elektronga energiya berish yoʻli bilan;
- bir necha gaz aralashmasida boshqa tur atomlari bilan toʻqnashish natijasida;
- atomning gaz razryadi trubkasi devori bilan toʻqnashuvi natijasida;
- oʻz - oʻzidan nurlanish yoʻli bilan.

Gazlar o'tayotgan elektr tokining berilgan qiymatida atomning uyg'onish va relaksatsiya jarayonlarining to'xtovsiz ro'y berishi natijasida atomning (uyg'ongan) energiya sathlari bo'ylab taqsimoti - invers bandlikni vujudga keltiradi. *Relaksatsiya* - makroskopik fizikaviy tizimda termodinamik muvozanatning o'rtnashuvi jarayoni. Gaz lazerlarining tuzilishi 2.7 - rasmda keltirilgan.



2.7-rasm. Gaz lazerining tuzilishi.

Gaz lazeri past bosimli gaz aralashmasi bilan to'ldirilgan shisha trubkadan iborat. Trubka (1) diametri bir necha millimetrdan bir necha santimetrgacha bo'ladi. Trubka uchlari (2) Bryuster burchagi ostida joylashtirilgan yassi parallel plastinalar bilan biriktirilgan. Bunday plastinka orqali rasm tekisligida qutblangan yorug'lik o'tganda plastinka sirtidan qaytish natijasida yo'qotishlar nolga teng bo'ladi. Trubka ikkita yassi parallel yorug'likni to'liq qaytarish xususiyatiga ega bo'lgan yarim shaffof va shaffof ko'zgular (3) orasiga joylashtirilgan. Oldin yuqori kuchlanishli impuls (5) berib gaz molekullari ionlashtiriladi. Doimiy elektr toki (4) berish orqali ionlar uyg'ongan holatga o'tadi.

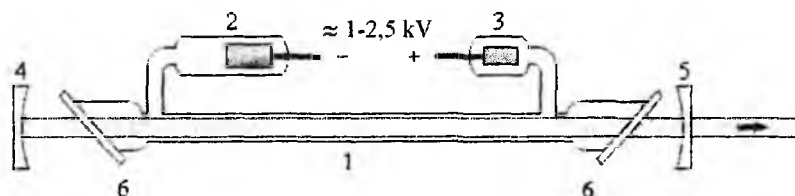
1960-yil oxirida amerikalik fizik olim A.Djavan geliy va neon aralashmasi yordamida birinchi gaz lazerini kashf qildi.

Geliy - Neon (*He - Ne*) lazeri. *He - Ne* lazeri neytral atomlardan tuzilgan gaz lazerlarining eng ko'p tarqalgan turidir. U uch to'liq uzunligi $\lambda_1 = 3391nm$, $\lambda_2 = 1152nm$, $\lambda_3 = 632,8 nm$, da

nurlanish xususiyatiga egadir. Kashf etilgan birinchi gaz lazeri *He - Ne* lazeri bo'lib, u $\lambda = 1152 \text{ nm}$ to'liq uzunligida nur chiqargan va nurlanish quvvati $R = 100 \text{ mVt}$ gacha qiymatga ega bo'lgan.

Hozirgi vaqtda *He - Ne* lazerining $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ to'liq uzunligida nurlanuvchi turi eng ko'p tarqalgan.

Gazli razryad nayining ichki diametri bir necha *mm* dan *1 sm* gacha, uzunligi esa bir necha *sm* dan bir necha metrgacha bo'lishi mumkin. Faol muhit sifatida neon gazi olinib, yordamchi gaz sifatida unga geliy gazi qo'shiladi va ularning nisbati taxminan 1:7 munosabat olinib, gaz razryad nayi kerakli bosimlarda (*1,3 mm sm.* ust. teng bosimlarda) to'ldiriladi. Razryad nayining ichida yoki tashqarisida 2.8 - rasmda ko'rsatilgandek silindrik yoki tasmali elektrodlar joylashtiriladi va ular mos holda doimiy tokli yoki ko'ndalang yuqori chastotali razryad hosil qilishi uchun xizmat qiladi.



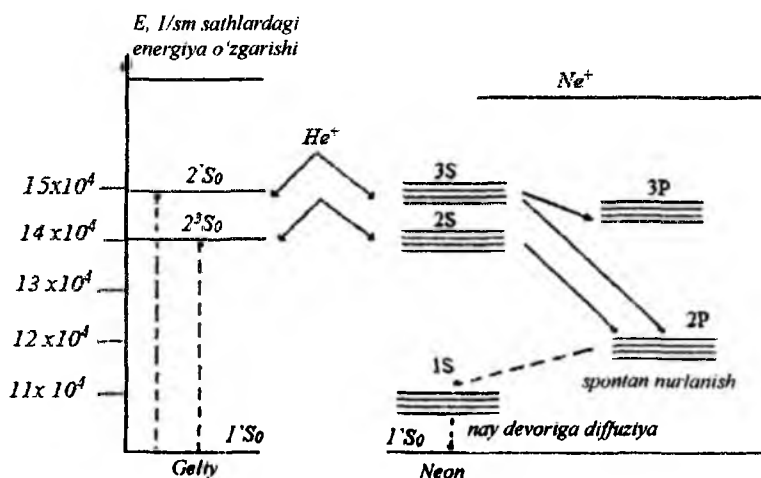
2.8-rasm. Geliy-neon lazerining tuzilishi:

- 1- shishadan yasalgan geliy-neon aralashmali razryad nayi yuqori kuchlanish bilan ionlashtiriladi ($1-2,5 \text{ kV}$); 2 - katod; 3 - anod; 4 - shaffof bo'lmagan sferik ko'zgu (o'tkazuvchanligi 0,1 %); 5 - shaffof sferik ko'zgu (o'tkazuvchanligi 1-2 %); 6 - trubka uchlari Bryuster burchagi ostida joylashgan shisha yassi parallel plastinkalar.

Geliy va neon aralashmali muhitdagi jarayonni tahlil qilish uchun, geliy va neon atomlarining elektron energetik sathlari diagrammasidan foydalanamiz (2.9-rasm).

Geliy yordamchi gaz bo'lib, ikkinchi tur to'qnashishlar yordamida neon ishchi energetik sathlarini neon atomlari bilan

to'ldirishga yordamlashadi. Geliy atomlarining o'zi erkin elektronlar bilan to'qnashganda yuqori energetik sathlarga o'tadi. Geliy atomining bu yuqori sathlardagi yashash vaqti $10^{-3}s$ va bu sathlar energiyasi neon atomining $2S$ va $3S$ sathlarining energiyalariga yaqin. Bu holda yuqori energetik sathdagi geliy atomlari pastki sathda joylashgan neon atomlari bilan noelastik to'qnashib uni yuqorigi $2S$ va $3S$ ishchi sathlarga o'tadi. Geliy atomi $2S$ sathi va neon atomini $3S$ sathi energiyalarining farqi 300 sm^{-1} ga teng bo'ladi. Bu xona temperaturasidagi kT ning qiymatidan birmuncha katta bo'lishiga qaramasdan geliy atomidan neon atomiga energiya uzatish jarayonining intensivligi yuqori bo'ladi.

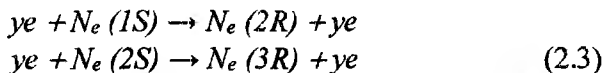


2.9-rasm. Geliy – neon lazerining energetik sathlari.

Shunday qilib, g'alayonlantirilgan geliy atomlari yordamida neon atomlarini g'alayonlantirish uchun, energiya zarralarning o'zaro noelastik to'qnashishi yo'li bilan uzatiladi. Bu o'tishlarida invers bandlik hosil bo'ladi va lazerning to'rt energetik sathli tuzilishdagi ishlash tamoyiliga mos keladi. Bu jarayonda neon atomlari elektronlar bilan to'qnashadi hamda g'alayonlantirilgan sathlarga o'tkazilib, invers bandlik hosil qilinadi. Razryad tokining

katta qiymatlarida neon atomining $1S$ sathi elektron - neon to'qnashuvi natijasida to'ldiriladi. Bu holda $2R$ va $3R$ sathlarning $1S$ sathdagi neon atomlari bilan to'ldirilishi asosiy hisoblanadi. Bu esa invers bandlikning kamayishiga hamda generatsiyaning yo'qolishiga olib keladi.

Bu holda neon atomining nurlanishi $2S \rightarrow 2R$ va $3S \rightarrow 3P$ sathlardagi o'tishlariga to'g'ri keladi. Bu jarayonlarni quyidagi ifodalar ko'rinishida yozish mumkin:



Birinchi bo'lib $2S \rightarrow 2R$ energetik o'tishlarida lazer generatsiyasi olingan. Hozirgi paytda, sanoatda ishlab chiqilgan lazerlarda uch xil o'tishlarda generatsiya olingan bo'lib, ularda generatsiya olish shart-sharoitlari taxminan bir xil (gaz aralashmasi bosimi, razryad tokining qiymati) va nurlanish quvvatining razryad parametrlariga bog'liqligi ham bir xil bo'ladi.

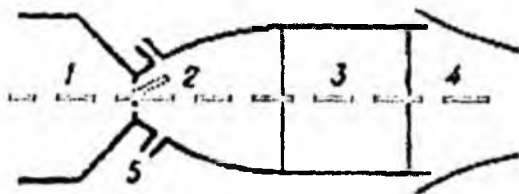
To'lqin uzunligi $\lambda_1 = 3391 \text{ nm}$ nurlanish berish imkoniyatiga ega bo'lgan energetik sath neon atomlari bilan tez va oson to'ldiriladi. To'lqin uzunligi $632,8 \text{ nm}$ nurlanish generatsiyasini olish murakkabroq, lekin bu nurlanish elektromagnit to'lqin diapozonining ko'zga ko'rinadigan diapazonida bo'lgani va foto qabulqilgich qurilmasining eng katta sezgirlik sohasida yotgani uchun neon lazerlari ko'p ishlab chiqariladi va xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi.

Gazodinamik SO_2 lazer. Faol muhiti karbonat angidrid (SO_2) gazida ishlovchi va o'rta infraqizil 10600 nm to'lqin uzunlikli diapazonda nurlanish beruvchi lazerdir. Uning uzluksiz ish rejimidagi kogerent nurlanish quvvati yuzlab kilovattga yetishi mumkin va texnikaning turli sohalarida ishlatilishining imkoniyatlari keng.



Nurlanish quvvati $R = 100 \text{ mVt}$ gacha qiymatga ega bo'lgan gely – neon lazerining umumiy ko'rinishi.

Gazodinamik SO_2 - lazerda invers bandlik yuqori haroratgacha qizdirilgan gaz aralashmasining keskin ravishda kengayishi natijasida hosil qilinadi. Gazodinamik lazerning ishlashini 2.10 - rasm asosida tushuntirish mumkin.



2.10-rasm. Gazodinamik lazerning tuzilishi:

1 – yonish kamerasi, 2 – soploning kritik yuzasi, 3 – optik rezonator, 4 – diffuzor; 5 – CO_2 gazi bilan ta'minlaydigan kamera.

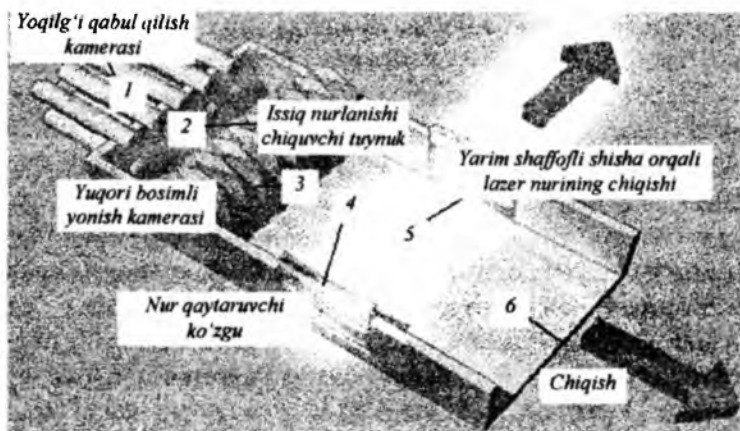
Biror idishda yuqori temperatura ($T=1400\text{K}$) va bosimda (17atm.) gaz joylashgan bo'lsin. Gaz boshlang'ich holatda termodinamik muvozanatda bo'lgani uchun SO_2 molekulasi

yuqori lazer sathi 001 yuqori bandlikka (asosiy sath bandligining taxminan 10 % ega bo'ladi. Pastki sathning bandligi undan ham yuqori bo'lib (25%), ular orasida invers bandlik mavjud bo'lmaydi. Gaz aralashmasi ingichka tirqish - soplo orqali kengaya boshlasin. Kengayish adiabatik ravishda bo'lgani uchun gazning kengaygandan keyingi temperaturasi juda kichik bo'lib qoladi. Yuqori va pastki lazer sathlarining bandligi yangi temperaturaga mos keladigan muvozanat holatga o'tishga intiladi. Lekin yuqori sathning yashash vaqti, pastki sathning yashash vaqtidan katta bo'lgani uchun pastki sathning bandligi yangi muvozanat holatga mos tushuvchi bandlikka tezroq o'tadi. Natijada, gazning kengayish sohasida, gaz oqimi yo'nalishida yetarlicha keng bo'lgan sohada yuqori sathning bandligi kattaroq bo'lib qoladi, ya'ni invers bandlik sodir bo'lishi kuzatiladi. Bu soha uzunligi uyg'onish holatini azot molekulasidan SO_2 molekulasiga uzatish uchun ketgan vaqtga gaz oqimi bosib o'tgan masofaga teng bo'ladi. Gazning kengayishi natijasida invers bandlikni hosil qilish gazning temperaturasi va bosimi pasayishi vaqti yuqori sath yashash davridan kichik, pastki sath yashash davridan katta bo'lgandagina samarador bo'ladi. Bu shartga bo'ysunish uchun gaz tovush tezligidan katta bo'lgan tezliklarda kengayishi talab qilinadi. Boshlang'ich gaz aralashmasining yuqori temperaturasi maxsus yoqilg'ining yonishi natijasida hosil qilinadi. Masalan, SO va N_2 yoki benzol S_6N_6 va N_2O yonishi natijasida talab qilingan temperaturaga erishiladi. Bunda SO_2/N_2O ning 2:1 nisbatdagi aralashmasi hosil bo'ladi.

So'nggi ma'lumotlarga ko'ra gazodinamik SO_2 lazerda quvvati 100 kVt gacha bo'lgan nurlanish hosil qilinib, uning kimyoviy foydali ish ko'effitsiyenti (f.i.k.) 1 % ni tashkil etadi. Bunday lazerlar reaktiv dvigatelni eslatib, uzluksiz maromda qisqa bir necha sekunda ishlaydi (2.11-rasm). Bunga sabab qizish natijasida lazer rezanatori ko'zgularining ishdan chiqishidir.

CO - lazer. Molekulalarning tebranma - aylanma o'tish chiziqlarida ishlovchi lazerlarning yana bir turi CO lazeridir. Uning nurlanish to'lqin uzunligi 500 nm bo'lib, f.i.k. juda katta 60 % qiymatga egadir. CO lazerida nurlanish quvvati 100 kVt gacha

hosil qilingan, lekin bunday quvvatni amalga oshirish uchun gazlar aralashmasini juda past $77 \div 100 K$ haroratgacha sovutish kerak. CO molekularning tebranma sathlarida invers bandlikni hosil qilish xuddi CO_2 lazerdagidek elektron zarba vositasida amalga oshiriladi. Xuddi azot molekularidek CO molekulasini juda katta elektron zarba natijasida tebranma sathlarni uyg'otish xossasiga egadir. Razryadagi elektronlarning deyarli 90% energiyasi CO molekulasining tebranma harakati energiyasiga aylanishi mumkin.



2.11-rasm. Gazodinamik SO_2 lazerning tuzilish sxemasi:
 1- yoqilg'i qabul qilish kamerasi, 2 - yuqori bosimli yonish kamerasi, 3 - issiqlik nurlanishi chiquvchi tuynuq, 4 - nur qaytaruvchi ko'zgu, 5 - yarim shaffofli ko'zgu orqali lazer nurining chiqishi, 6- qo'shimcha nurlanishning chiqishi.

Yuqorida aytilganidek, CO lazer ishchi aralashmasi juda yaxshi sovutilishi kerak. CO lazerda invers bandlik ishchi gazning $350 \div 400 K$ haroratidayoq yo'qoladi. Uning birlik uzunligidan olinishi mumkin bo'lgan quvvat trubka devorlari harorati $77 K$ dan $300 K$ gacha o'zgarganda 300 dan $30 Vt/m$ gacha pasayadi.

CO - lazerlar ham nurlanish quvvatini oshirish uchun konveksiya usuli bilan sovutilish va invers bandlikni hosil qilish uchun nomustaqil razryadlardan foydalanishni talab qiladi.

Eksimer lazerlar. *Eksimer lazer* – elektron sathlari orasida o‘tish natijasida nurlanish hosil bo‘luvchi molekular lazerlardir.

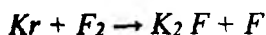
Ba’zi bir inert gazlar va ularning galogenlari bilan birikmasi molekulari faqat uyg‘ongan holatda mavjud bo‘ladi. Bunday molekularlar - eksimer (inglizcha - *excited dimer*) - uyg‘ongan dimer nomini olgan.

Ikki atomli molekulaning asosiy holati potensial energiyasi atomlar orasidagi itarilish kuchlariga mos keladi. Shuning uchun bu molekula asosiy holatda mavjud bo‘lmaydi. Uyg‘ongan holat potensial energiyasi minimumga ega bo‘lganda molekula mavjud bo‘ladi. Zarralardan tuzilgan molekula faqat dimer holatida mavjud bo‘ladi. Eksimerning asosiy holatga o‘tishi uning alohida zarralarga ajralib ketishiga olib keladi.

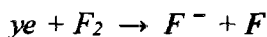
Qandaydir hajmda yetarlicha eksimer molekularlar hosil qilingan bo‘lsin. Unda yuqorigi (bog‘langan) va pastki (bog‘lanmagan) sathlar orasidagi o‘tish natijasida nurlanish hosil qilish mumkin. Bunday lazer eksimer lazer nomini olgan. Bu lazer ikkita ajoyib xususiyatga egadir. Generatsiya natijasida asosiy holatga o‘tgan molekula darhol dissotsiatsiyalanadi - alohida zarralarga ajralib ketadi. Ya’ni pastki sath hamma vaqt bo‘sh bo‘ladi.

Lazer nurlanishi aniq chastotaga ega bo‘lmay – keng polosaga ega. Bu esa lazer nurlanish chastotasini keng intervalda o‘zgartirish imkoniyatini beradi.

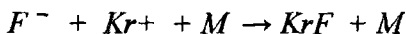
Inert gazlar argon, kripton, ksenon (*Ar, Kr, Xe*) galogenlar fluor va seriy (*F, Ce*) bilan aralashishi natijasida hosil bo‘lgan eksimerlar asosida yaratilgan lazerlarni ko‘rib chiqaylik. Ularning nurlanishi asosan ultrabinafsha nurlarga to‘g‘ri keladi. Masalan: *ArF* ($\lambda = 193$ nm), *KrF* ($\lambda = 248$ nm), *XeCe* ($\lambda = 308$ nm), *XeF* ($\lambda = 353$ nm). Eksimer lazerlarning uyg‘ongan holatga o‘tkazish mexanizmi ancha murakkabdir. Masalan, *KrF* lazerda (unda *Kr, F₂* va bufer gaz aralashmasi qo‘llaniladi), birinchidan, inert gazning uyg‘ongan atomi galogen bilan to‘g‘ri reaksiyaga kirishadi:



ikkinchidan elektron galogenga qo‘shiladi:



uchinchidan, galogenning manfiy ioni bilan quyidagi rekombinatsiya ro‘y beradi:

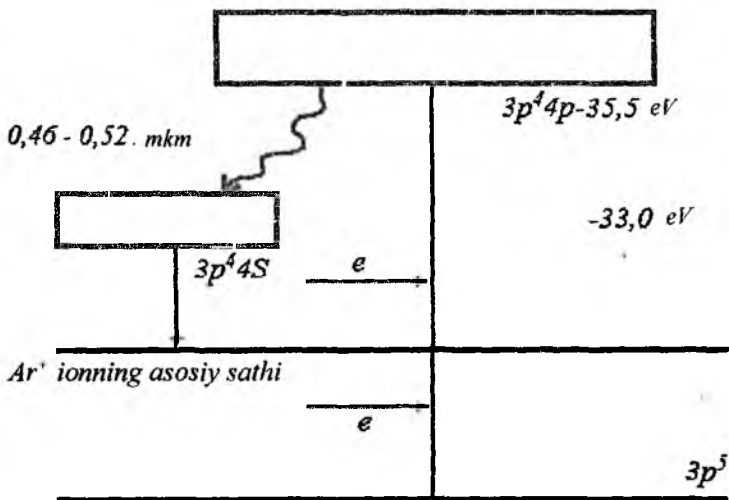


M – bufer gaz (Ar yoki He).

Galogenlar asosidagi eksimer lazerlarda damlash elektron dastasi yoki elektr razryadi vositasida amalga oshiriladi. Elektr razryadi qo‘llanilganda gazni elektronlar dastasi yoki ultrabinafsha nurlanish yordamida oldindan ionlashtiriladi. Bunday lazer faqat impuls maromida ishlaydi, tuzilishi yuqorida bayon etilgan SO_2 - lazer tuzilishiga o‘xshash bo‘ladi. Lazer nurlanishi impuls davomiyligi bir necha o‘n nanosekundni tashkil qiladi. Hozirgi vaqtda o‘rtacha quvvati 100 Vt , qaytarilish chastotasi 1 kGs , elektr f.i.k. $\eta \sim 1\%$ bo‘lgan eksimer lazerlar yaratilgan. Eksimer lazerlar murakkab fotokimyoviy jarayonlarni amalga oshirishda, izotoplarni ajratishda katta ahamiyatga ega.

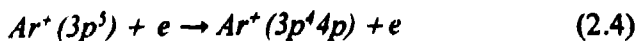
2.3. Ionli lazerlar

Lazer nurlanishi faqat neytral atomlar energiya sathlari orasida o‘tishlar natijasida hosil bo‘lmasdan, balki ionlarning energiya sathlari orasida o‘tishlari natijasida ham hosil bo‘lishi mumkin. Bunday lazerlar *ion lazerlar* nomini olgan. Ion lazerlarning eng keng tarqalgani argon lazerini ko‘rib chiqamiz. Bu lazerda ko‘plab spektral chiziqlarda kogerent nurlanish olingan. Argon lazerning asosiy quvvati $465,8$ va $514,5 \text{ nm}$ to‘lqin uzunliklarda jamlangan. Argon lazerning ishlash tamoyilini ko‘rish uchun argon ionining energetik sathlarining soddalashtirilgan diagrammasi 2.12-rasmda keltirilgan.



2.12-rasm. Argon ionni energetik sathlarining soddalashtirilgan diagrammasi.

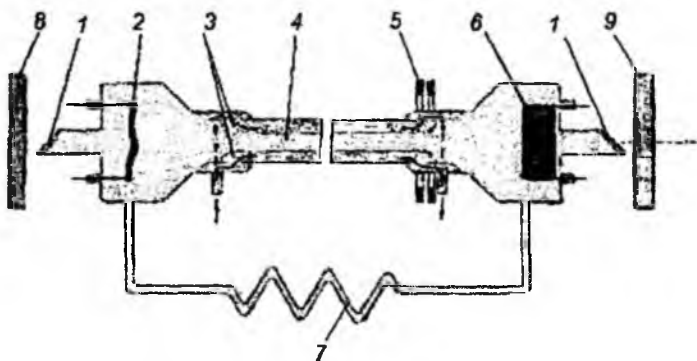
Argon lazerida invers bandlik va undagi majburiy kogerent nurlanishlar argon ionining $3r^4 4r$ va $3r^4 4s$ sathlar orasidagi o'tishlarida olinadi. Yuqori lazer $3r^4 4r$ sathni elektronlar bilan to'ldirilishi, ya'ni sathni g'alayon tirilishi zinapoya usulida hosil qilinadi. Avval gaz razryadidagi erkin elektronlar argon atomini ionlashtiradi, undan so'ng argon ionidagi elektronlar bilan to'qnashib, ularni $3r^4 4r$ yuqori lazer sathiga chiqariladi. Bu jarayon quyidagi qonuniyat bilan ifodalanadi:



Elektronlarning yuqori, ($3r^4 4r$) lazer sathida yashash vaqti $\sim 10^{-9}$, bo'lib, bu vaqt quyi ($3r^4 4s$) lazer sathida elektronlarning yashash ($\tau \sim 10^{-9}$) vaqtidan 10 marta katta.

Shu sababga ko'ra invers bandlik va majburiy o'tishlar orqali kogerent nurlanish olish imkonini beradi. Ushbu jarayonlar gaz razryadidagi elektronlarning katta konsentratsiyasida ro'y beradi. Buning uchun yoy razryadidan foydalaniladi (razryad nayida elektr tokining zichligi $\sim 100 \text{ A/sm}^2$ gacha bo'lishi mumkin).

Argonli lazer qurilmasining konstruksiyasi 2.13-rasmda keltirilgan. Faol element keramik kapillardan tashkil topgan. Razryad (4) nayiga (6) anod va (2) katod elektrodlar joylashtirilgan. Bu elektrodlar orasiga katta tok hosil qila oladigan doimiy elektr kuchlanishi beriladi. Razryad nayining chetlari Bryuster burchagi ostida o'rnatilgan kvars shisha (1) oynalar bilan berkitilgan. Razryad nayida yoy razryad hosil qilingani uchun undan katta issiqlik ajralib chiqadi.



2.13 -rasm. Ionli argon lazerining tuzilishi:

1 - lazerning chiqish oynasi, 2 - katod doimiy magnit; 3 - suv bilan sovutish kanali, 4 - kapillar razryad nayi, 5 - magnitlar, 6 - anod, 7 - aylanma nay, 8 - shaffof bo'lmagan ko'zgu, 9 - shaffof ko'zgu.

Shuning uchun razryad nayi (3) qobiq orqali suv bilan sovutilib turilishi shart. Razryadidagi elektronlar konsentratsiyasini orttirish, shu orqali lazer nurlanishi quvvatini kuchaytirish uchun razryad nayi o'qi bo'ylab joylashgan (5) magnit maydoni hosil qilinadi. Lazerning optik rezanatorini o'zaro parallel va razryad nayi o'qiga

ko'ndalang joylashgan (8) hamda (9) ko'zgular hosil qiladi. Razryad nayining ichida anod va katod oralig'iga qo'yilgan doimiy kuchlanish natijasida katod tomon harakatlanayotgan musbat ionlar oqimi argon gazini katodli qismiga siljitadi va buning natijasida, gaz bosimining farqini yo'qotish uchun razryad nayining anodli qismini katodli qismi bilan tutashtiruvchi uzunligi razryad nayi uzunligidan bir necha bor katta bo'lgan ingichka shisha nay ulanadi.

Argon lazerlari uzluksiz va impulsli holatlarda ishlaydi. Impulsli holatda nurlanish olish uchun anod va katod oralig'iga impulsli kuchlanish beriladi. Sanoat miqyosida xalq xo'jaligi uchun ishlab chiqilgan argon lazerining maksimal quvvati uzluksiz ish holatida 20 Vt ni tashkil etadi. Argon lazerlardan mikroelektronika sohasida, meditsinada va ilmiy tadqiqot ishlarida foydalaniladi.

2.4. Kimyoviy lazer

Kimyoviy reaksiya natijasida to'g'ridan - to'g'ri invers bandlik hosil bo'lishiga asoslangan lazerlar kimyoviy lazerlar deyiladi. Kimyoviy lazerlarning eng keng tarqalgani HF (vodorod va fluor) - lazerlar bo'lib, bu lazerda nurlanish to'lqin uzunliklari $2,6 - 3,3 \text{ mkm}$ orasida yotgan bir necha tebranma - aylanma sathlar orasidagi o'tishlarda amalga oshiriladi. HF - lazer nurlanishi quvvati uzluksiz nurlanish maromida 10 kVt gacha, impuls maromida esa energiyasi bir necha kilojoul va kimyoviy f.i.k. 10% ni tashkil etadi.

Invers bandlik mazkur lazerda

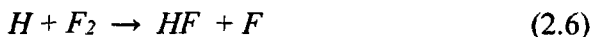


kimyoviy reaksiya jarayonida hosil qilinadi. Bu reaksiya **ekzotermik** reaksiya bo'lib, uning issiqligi $31,6 \text{ kkal/mol}$ ni tashkil qiladi va HF molekulasi 3 - tebranma sathgacha uyg'ongan holatda bo'ladi. Uyg'ongan holatdan turli tebranma sathlarga o'tishning **relaksatsiya tezligi** turli xil bo'lgani uchun eng katta bandlik 2 - sathga mos keladi, natijada bu o'tishda katta invers bandlik yuz

beradi. Reaksiya energiyasining 60 % dan ko'prog'i tebranma harakat energiyasiga aylanadi. Kimyoviy reaksiya natijasida HF molekulasining uyg'ongan holatiga o'tishini ko'rib chiqaylik.

Ftor atomida elektronga moyillik mavjud bo'lgani uchun $F - H_2$ tizimidagi o'zaro ta'sir katta masofalarda kuchli tortishuv ko'rinishiga ega. Bu tortishuvni H_2 molekulasining zaryadlari taqsimotining kuchli qutblanishini hosil qiladi. Elektronining massasi kichik bo'lgani uchun proton HF molekulasining asosiy holatiga mos keluvchi yadrolar orasidagi masofani bosib o'tguncha HF bog'lanish vujudga keladi. Demak, reaksiya natijasida proton atom yadrosidan HF bog'lanishning muvozanat holatiga mos keluvchi masofadan katta masofada bo'lishi ehtimoli paydo bo'ldi. Bu hol tebranma harakatni paydo bo'lishiga olib keladi. 2.5 - tenglamaga ko'ra reaksiya ro'y berishi uchun atomar ftor kerak bo'ladi. Atomar ftor SF_2 yoki F_2 molekularini dissotsiyalash natijasida hosil qilinadi. Dissotsiyalashni, masalan, elektr razryadida elektronlar bilan to'qnashuv natijasida amalga oshiriladi ($SF_6 + e \rightarrow SF_5 + F + e$).

Ftor molekulari ishlatilganda ftor molekulasining atomar vodorod bilan o'zaro ta'siri natijasida atomar ftor hosil bo'ladi:



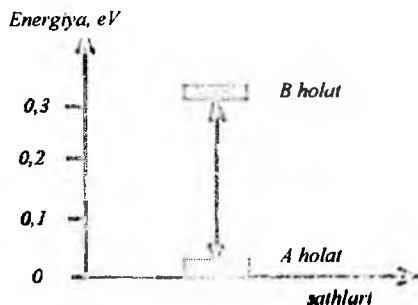
Mazkur reaksiya natijasida hosil bo'lgan atomar ftor 2.5 - reaksiyada ishtirok etishi mumkin. Natijada zanjirli reaksiya vujudga kelib, uyg'ongan holatdagi HF molekularning soni boshlang'ich ftor atomlari sonidan nihoyatda katta bo'lib qoladi. 2.6 - reaksiyaning natijasida ajralib chiquvchi kimyoviy energiya 2.5- reaksiyaning kimyoviy energiyasiga nisbatan ancha katta bo'lib, 98 kkal/mol ni tashkil qiladi. Bu HF molekularini juda yuqori sathgacha uyg'ongan holatda bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun 2.6 - reaksiya HF molekulasining turli tebranma sathlari orasida invers bandlikni hosil qiladi.

HF lazer impuls va uzluksiz nurlanish maromida ishlaydi. Impuls lazerlarda atomar ftor molekularning elektr razryadida hosil bo'lgan elektronlar yoki chetdan kritilgan elektron dastasi bilan

to'qnashuv natijasida hosil qilinadi. Elektr razryadi qo'llanilgan HF lazer tuzulishi CO_2 -lazer tuzilishiga o'xshash bo'lib, unda ham bir jinsli razryad hosil qilish uchun ultrabinafsha nurlar tomonidan oldindan ionlashtirish qo'llaniladi. Ftor manbasi sifatida molekular ftor kiritilganda faol muhitda zanjirli reaksiya ro'y beradi va bunday lazerning energiyasi elektr razryad lazerlar energiyasidan nihoyatda katta bo'ladi. Uzlüksiz nurlanuvchi lazerlarda ftor plazmatron vositasida dissotsiyalanadi va tovushdan yuqori tezlikda konus naychada kengayadi. Oqimga alohida va molekular vodorod kiritiladi va u (2.6) bo'yicha reaksiyaga kirishadi.

HF lazerdan tashqari xuddi shunday tamoyilda ishlaydigan F , HCl , HBr lazerlar mavjud bo'lib, ularning nurlanish to'lqin uzunligi $3,5 - 5 \text{ mkm}$ ga to'g'ri keladi. Bunday to'lqin uzunliklardagi nurlanish atmosferadan juda yaxshi o'tadi.

Azotli lazer. Azotli lazer molekular lazerlarning biri bo'lib, unda nurlanish molekulaning elektron - tebranma o'tish chiziqlarida amalga oshiriladi. N_2 lazer to'lqin uzunligi $\lambda = 337 \text{ nm}$ ni tashkil qiladi. Azot molekulasining energetik sathlari (2.14) rasmda ko'rsatilgan.



2.14 - rasm. Azot molekulasining energetik sathlari.

Azot lazerida nurlanish A holatdan V holatga o'tish natijasida hosil qilinadi. A holatning uyg'ongan holatga o'tishi asosiy holatdagi azot molekulalarining elektronlar bilan to'qnashuvi natijasida ro'y beradi. A va V holatlar triplet holatlar (3 ta sathdan

iborat) bo'lib, ularga asosiy holatdan to'g'ridan - to'g'ri o'tish spin soni nuqtayi nazaridan ruxsat etilmagan.

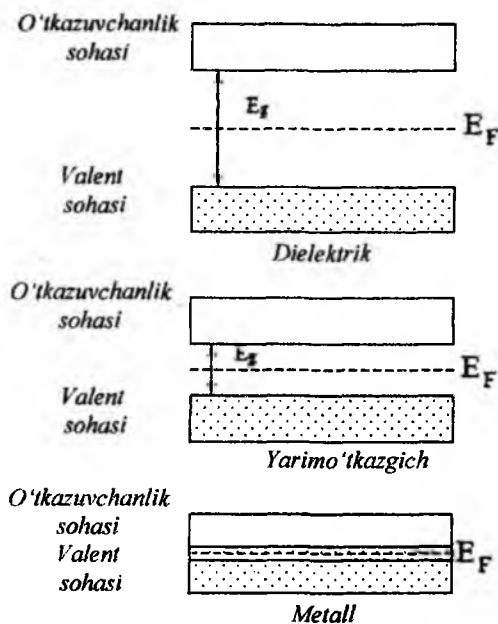
Lekin Frans - Kondon tamoyiliga ko'ra A holatning 0 - sathning uyg'onish kesimi V - holatning 0 - sathning uyg'onish kesimiga nisbatan katta bo'lishi mumkin. Frans - Kondon tamoyiliga ko'ra molekula bir elektron holatdan ikkinchi elektron holatga o'tganda molekuladagi atom yadrolarining o'zaro holati va tezliklari sezilarli darajada o'zgarish kerak. Boshqacha so'z bilan aytganda, potensial energiya diagrammasida o'tishlar potensial chuqurdagi molekulaning tebranma harakatining potensial chuqur devoridan burilish nuqtalaridan vertikal bo'yicha ruxsat etilgan xolos. A - holatning nurlanuvchan yashash vaqti 40 ns bo'lib, V - holat uchun 10 mks ni tashkil qiladi. Shuning uchun bunday lazer faqat impuls maromida ishlaydi. Buning uchun uyg'ongan holatni hosil qiluvchi elektr impulsi davomiyligi 40 ns dan birmuncha kichik bo'lishi kerak. Azot lazerda odatda kuchlanganligi 10 V/sm bo'lgan elektr maydonlari va gazning 30 mm.sim.ust. bosimda bo'lishi kerak. Yuqori kuchlanganlikka ega elektr maydonning qo'llanilishi ko'ndalang razryadli sxemani qo'llashni taqozo qiladi. Bunday lazerlar maksimal quvvati 1 MVt, impulsi davomiyligi 10 ns, qaytarilish chastotasi 1000 Gs gacha bo'lgan nurlanishni hosil qilishga imkoniyat beradi.

2.5. Yarimo'tkazgichli lazer

Yarimo'tkazgichli lazer, qattiq jisimli lazerlarning o'ziga xos turiga kiradi. Bu turdagi lazerlarda invers bandlik hosil qilishni va kogerent nurlanish olishni energetik sathlar hamda energetik sohalar asosida tushuntirish mumkin.

Qattiq jismlarda elektronlar energetik holatlar bo'ylab taqsimlangan bo'lib, energetik sohalarini hosil qiladi. Energetik sohalarini bir - biridan ajratgan oraliq masofa mavjud. Elektronlar joylashgan sohalar oralig'ida energetik sathlar bo'lmaydi. Elektronlarga to'lgan va energiya taqsimotiga ko'ra eng yuqoridagi energetik holatlar to'plamiga valent soha deyiladi. Elektronlar qisman o'rin olgan yoki butunlay o'rin olmagan holatlarga

o'tkazuvchanlik sohasi deyiladi. 2.15-rasmda dielektriklarning, metallarning va yarimo'tkazgichlarning energetik sohasini diagrammasi keltirilgan. Valent soha bilan o'tkazuvchanlik sohasi oralig'ida taqiqlangan, ruxsat etilmagan soha joylashgan.



2.15 - rasm. Dielektrik, yarimo'tkazgich va metallning energetik sathlari: E_F - Fermi sathi, E_g - vachent soha bilan o'tkazuvchanlik sohasi orasidagi energiya.

O'sha ruxsat etilmagan sohaning kengligiga ko'ra moddalar izolatorlarga, o'tkazgichlarga va yarimo'tkazgichlarga bo'linadi. Izolatorlarda ruxsat etilmagan soha juda keng bo'ladi. Metallarda valent soha bilan o'tkazuvchanlik soha bir - biriga o'tib, qo'shilib tushgan va qat'iy chegaraga ega emas. Ruxsat etilmagan sohaning o'rtasida Fermi sathi joylashgan. Agar ruxsat etilmagan sohaning kengligi kichik bo'lsa, elektronlar issiqlik harakati tufayli valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga ($E_g \approx kT$) oshib o'tishi mumkin.

Bu xil moddalar yarimo'tkazgichlardir. Elektronlar valent sohasidan o'tkazuvchanlik sohasiga issiqlik energiyasi tufayli o'tsa valent sohasida elektron o'rniga kovak hosil bo'ladi. Kovak ham energetik sathga va zaryadga (ishora jihatdan zaryad musbat) egadir. Elektron qanday xususiyatga ega bo'lsa, kovak ham o'shanday xususiyatga egadir. Ular bir - biridan faqat ishorasi jihatdan farq qiladi xolos. Agar yarimo'tkazgichlarning tarkibiga metallarni diffuziya yo'li bilan kiritsak, u holda legirlangan yarimo'tkazgichlar hosil bo'ladi. Bu xil yarimo'tkazgichlarda elektronning va kovaklarning soni o'zgaradi. Agar yarimo'tkazgichning tarkibiga besh atomli metall atomlari kiritilsa, masalan, kremniy tarkibiga fosfor kiritilsa, bunday legirlangan yarimo'tkazgichga *n* - *tipli yarimo'tkazgich* deb, yarimo'tkazgich kristali panjarasiga kiritilgan metall atomini esa *donor* deb ataladi. Agar yarimo'tkazgich tarkibiga diffuziya yo'li bilan uch valentli indiy kiritilsa, moddada *Si* kremniyda kovalent bog'lanishida uchta elektron ishtirok etib, bitta elektronining o'rne bo'sh qoladi, o'sha bo'sh qolgan joy kovak va musbat zaryadli bo'ladi. Bunday yarimo'tkazgichlarga *p*-*tipli yarimo'tkazgichlar* deyiladi. Diffuziya yo'li bilan yarimo'tkazgichning kristall panjarasiga kiritilgan metall atomini *akseptor* deb ataladi.

Yarimo'tkazgichli kristallardan tayyorlanadigan diodlar, tranzistorlar xuddi shu usulda yasaladi. Bu jihatdan qaraganda eng oddiy yarimo'tkazgich lazeri *p* va *n* tipli yarimo'tkazgichlardan yasalgan dioddir.

Yarimo'tkazgichli lazerlar uchun *p-n* o'tish sohasida elektron va teshiklar bir vaqtda ishtirok etishi katta ahamiyatga ega. Bu shart kuchli legirlangan yarimo'tkazgich donor va akseptorni hosil qiladigan elementlarni yarimo'tkazgichning kristall panjarasiga kiritib konsentratsiyasini bir santimetr kub hajmda 10^{17} - 10^{18} ta atomga yetkazishda bajariladi. Kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlarda Fermi sathi E_F o'tkazuvchanlik zonasining ichida joylashadi. *n*-tipdagi yarimo'tkazgichda donor sathi elektronga to'ladi va qisman o'tkazuvchanlik zonasiga ham o'tadi. *p* - tipli yarimo'tkazgichda esa akseptor sathi to'lmaydi va tirqish valent zonasida paydo bo'ladi. Fermi sathi esa valent zonasida joylashadi.

Shu ikki xil kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlar tutashtirib qo'shilsa, energetik sathlar siljiydi va Fermi sathi ikkala tip uchun bir xil qiymatga ega bo'ladi.

2.16 (a) - rasmda kuchli legirlangan $p-n$ tipli yarimo'tkazgichning energetik sxemasi keltirilgan. Agar elektr manbaning musbat qutbini p - tipiga va manfiysini n - tipiga ulasak, elektronlar musbat elektrodga, teshiklar esa manfiy elektrodga qarab yo'naladi. Ana shu ikki xil zaryadli zarrachalar ikki tipli yarimo'tkazgiching qo'shilgan chegarasida, ya'ni $p-n$ o'tish chegarasida uchrashadi. Elektronlar teshiklar bilan uchrashib, rekombinatsiyalashadi va kvant nurlanishini hosil qiladi. Kvant nurlanishining energiyasi $h\nu$ E_g ga teng.

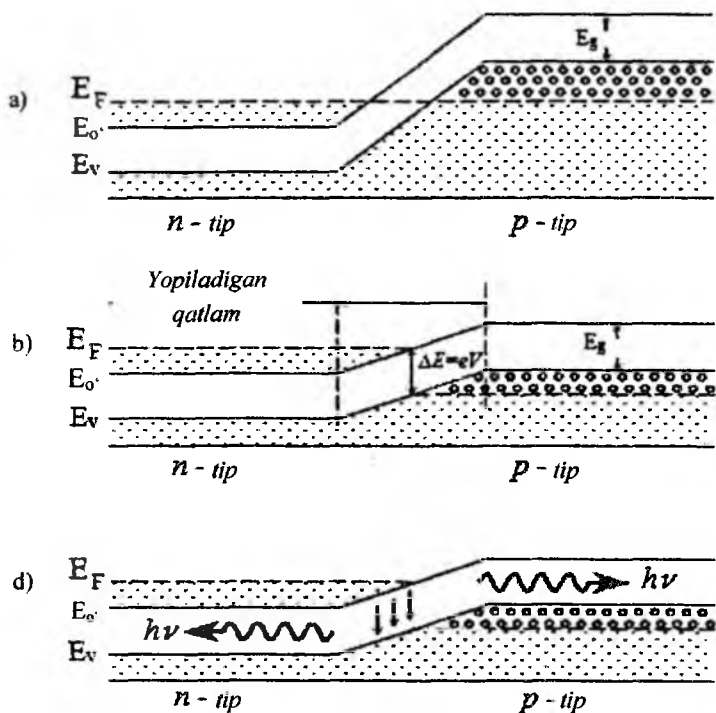
Elektr maydoni ta'sirida energetik sohalarning siljishi kuzatiladi. O'sha siljish 2.16 (b) - rasmda sxematik keltirilgan.

Siljish qiymati elektr maydon potentsiali bilan bog'langan:

$$\Delta E = eV$$

e - elektron zaryadi, V - elektr maydon potentsiali.

Yarimo'tkazgichning ikki tipi tomonga beriladigan tokning elektr maydoni ta'sirida $p-n$ o'tish chegarasida "yopiladigan qatlam" hosil bo'ladi. Bu yopiladigan qatlamda inversion ko'chganlik hosil bo'ladi. Yarimo'tkazgichga elektr manbai ulaganda tashqi elektr maydoni ta'sirida yopiladigan qatlamda elektronlarni n - tipli yarimo'tkazgichning o'tkazish sohasidan va teshiklarni esa p - tipning valent sohasidan tortib chiqarib to'playdi. Shu paytda yopiladigan qatlamda elektron bilan teshik uchrashib rekombinatsiyalashish natijasida yorug'lik nurini chiqaradi (2.16 (d) - rasimga qarang). Shuni aytish lozimki, $p-n$ o'tishli yarimo'tkazgich yaxlit monokristalldan tayyorlanadi va $p-n$ o'tish shu monokristallning ichida hosil qilinadi. Elektr maydon ta'sirida yopiladigan qatlamda $p-n$ o'tish chegarasida zaryad tashuvchilar elektron va teshiklarning odatdagidan ortiqcha konsentratsiyasini hosil qilish shu yarimo'tkazgich chegarasida inversion ko'chganlik hosil qilishning aynan o'zidir. Yopiladigan qatlamni faol qatlam deyiladi. Elektr zaryadini tashuvchi elektron va teshiklar birgalikda faol markazlarni hosil qiladi. Yarimo'tkazgich lazerlarning faol moddalari: $GaAs$, $InAs$, $InSb$, $PbSe$.



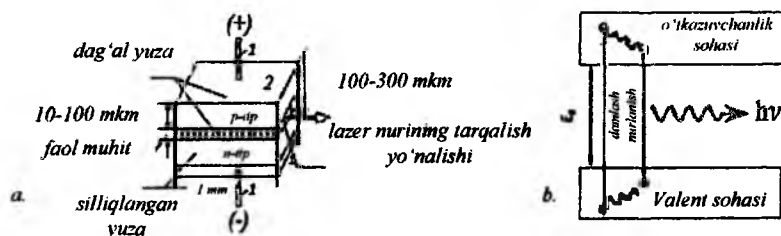
2.16 - rasm. Kuchli legirlangan p-n o'tishli yarimo'tkazgichlarning energetik sohalar va kvant nurlanish sxemasi:

- a) Elektr maydon ta'siri bo'lmaganda sohalarining siljishi kuzatilmaydi. b) Elektr maydon ta'sirida sohalarining p - tip tomonga siljishi. d) Rekombinatsiya vaqtida yopiladigan qatlamdan kvant nurlanishi.

Bu faol moddalar rezonatorga joylansa, lazer nurlarini chiqaradi. Yarimo'tkazgich lazerida optik rezonator vazifasini yarimo'tkazgichli kristallning yon tomonlari bajaradi. Kristallning qarama-qarshi silliqlangan tomoni ko'zgu vazifasini bajaradi, chunki yarim o'tkazgichli kristallarning sindirish ko'rsatkichi

($n = 3,5$) juda katta qiymatga ega, yarimo'tkazgich va havo chegarasidan $30 \div 35\%$ yorug'lik qaytadi.

Arsenid-galliy lazerining to'liq uzunligi $\lambda = 0,84 \text{ mkm}$. 77°K temperaturada foydali ish koeffitsiyenti $70 \div 80\%$ ni tashkil qiladi. 2.17-rasmda yarimo'tkazgich lazerini damlash, nurlanish energetik sathlari va lazerning tuzilishi sxematik ravishda keltirilgan. *GaAs* lazeri generatsiyasining quyi chegarasi, 77°K temperaturada $(2 \div 3) \times 10^2 \text{ A/sm}^2$ ni tashkil etadi. Impulslı rejimda elektr toki $0,5 \div 1$ mikrosekund davomida invers bandlik hosil qiladi, uning quvvati 100 Vt ga yaqin. Uzluksız rejimda esa quvvati bir necha Vattni tashkil etadi. Aslida yarimo'tkazgich lazerlari eng samarali lazer bo'lishi bilan birga generatsiyasi keng spektral oraliqni ($0,3 \text{ mkm}$ dan to 30 mkm) egallaydi.



2.17- rasm.

- a) yarimo'tkazgichli lazerning tuzilishi: 1-elektr toki beriladigan simning kontakti, 2-yarimo'tkazgich kristali;
b) damlash.

Damlash tokining *GaAs* lazeri generatsiyasining quyi chegarasidan ancha yuqori qiymatida nurlanish spektri $3,5 \text{ sm}^{-1}$ kenglikka ega. Ikkita bo'ylama modalarning spektral oralig'i quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

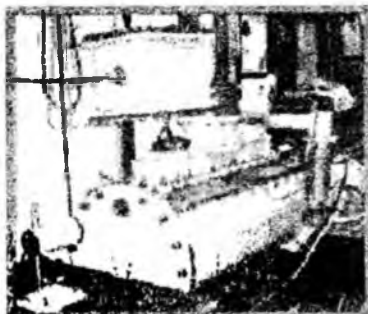
$$\Delta \nu = \frac{1}{2\pi} \left[n - \left(\frac{dn}{d\lambda} \right) \right]$$

n – sındirish ko'rsatkichi, λ – to'liq uzunligi, $\left(\frac{dn}{d\lambda} \right)$ – sındirish ko'rsatkichining dispersiyasi, L – rezonator ko'zgulari orasidagi

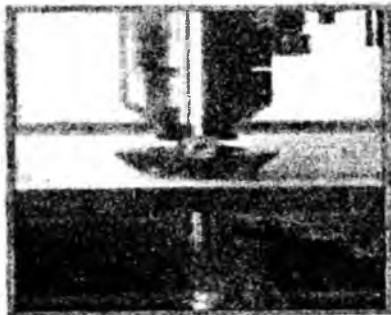
masofa (yarimo'tkazgich kristallining qalinligi). $Ga(As_{1-x}P_x)$ lazeri - boshqa yarimo'tkazgich lazerlariga nisbatan ancha keng spektral oraliqda generatsiya (0,84 mkm dan to 0,64 mkm gacha) hosil qiladi. Toza $GaAs$ ($x = 0$) da generatsiya = 0,84 mkm, agar moddaning tarkibi o'zgartirilsa ($x = 0,4$), generatsiya chastotasi ham o'zgaradi va nurlanish spektrining to'lqin uzunligi 0,64 mkm ni tashkil etadi. Yarimo'tkazgichning temperaturasini o'zgartirish yo'li bilan ham tashqi bosim (ostida mexanik kuch ta'sirida), ham generatsiya chastotasini o'zgartirish imkoniyati mavjuddir. Shunday qilib, yarimo'tkazgichlarning tarkibini, temperaturasini o'zgartirib va bosim ta'sirida generatsiya chastotasini (to'lqin uzunligini) uzluksiz o'zgartirish mumkin. Shu sababli, yarimo'tkazgich lazeri optoelektronikada, lazer printerida va spektroskopiyada keng ko'lamda qo'llanilmoqda. Quyida turli lazerlarning qo'llanilish sohalari slaydlari keltirilgan.



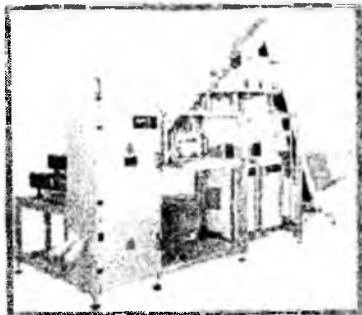
O'quv jarayonida qo'llaniladigan lazer.



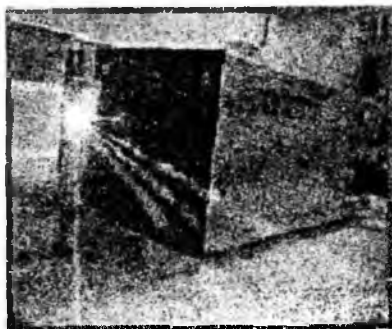
Uzluksiz maromda ishlaydigan CO₂ lazer.



*Metallarda kichik o'Ichamli teshiklarni
hosil qilishda qo'llaniladigan lazer.*



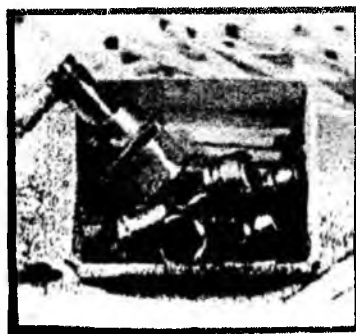
O'ta quvvatli texnologik lazer.



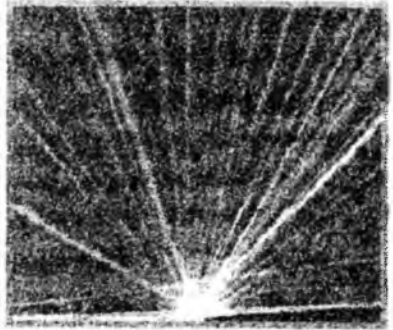
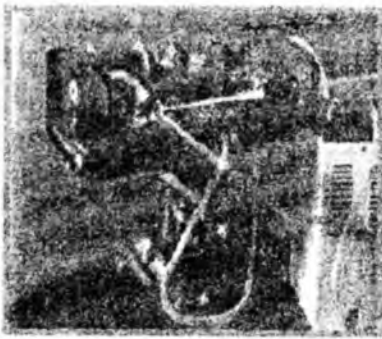
Argonli ion lazери.



Geliy - neon lazери.



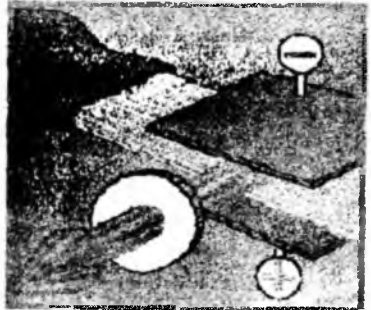
Yarimo'lkazgichli lazer.



Suyuq bo'yoqlardagi lazer.



Gazli lazer.



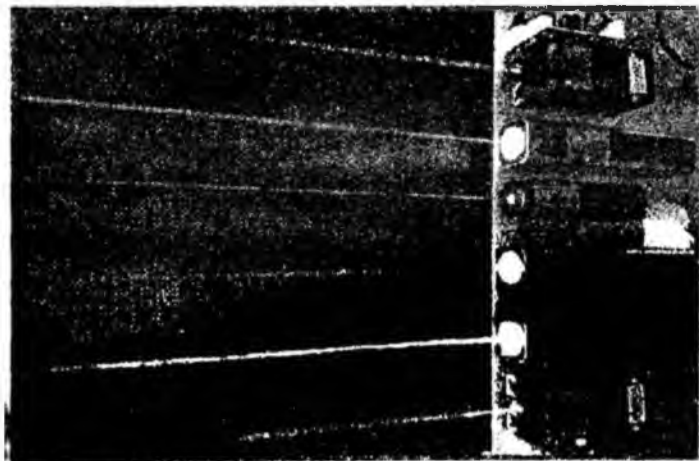
Gazodinamik lazer.



Neodim lazeri Nd: YAG (To'lqin uzunligi 1064 nm)



Impulsi lazer.



**UVVA va UVA spektridagi lazer nurlari (pastdan yuqoriga):
405, 445, 520, 532, 635 va 660 nm.**



Turli xil to'liqin uzunlikdagi lazerlar yordamida gologramma olish.

2.6. O'zbekiston fizik olimlarining tadqiqot ishlari

Habibullayev Po'lat Qirg'izboyevich



Habibullayev Po'lat Qirg'izboyevich 1936-yil 14-oktabr Andijon shahrida tavallud topgan. 1955 – 1960-yillari O'rta Osiyo davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1971-yil fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan, 1973-yilda esa professor unvoniga erishgan.

Fizik olim va jamoat arbobi P.Q.Habibullayev 1984-yili O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi (FA) akademigi, Rossiya Fanlar Akademiyasining muxbir a‘zosi bo‘lgan.

1964 – 1972-yillar mobaynida Toshkent pedagogika institutida kafedra mudiri, 1972 – 1975-yillar Andijon paxtachilik instituti rektori, 1975 – 1978-yillar O‘zbekiston fan va o‘quv yurtlari bo‘limi mudiri, 1978 – 1988-yillar Yadro fizikasi instituti direktori, 1978–1984-yillar O‘zbekiston FA vitse - prezidenti, 1984–1988-yillar O‘zbekiston FA prezidenti, 1985–1988-yillar O‘zbekiston Oliy Soveti raisi, 1988–1989-yillar O‘zbekiston Oliy Soveti Prezidumi raisi, 1989–1994-yillar O‘zbekiston Oliy Majlisining Xalqaro ishlar qo‘mitasi raisi, 1993–1995-yillar jamoatchilik asosida hozirgi Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti “Optika” kafedrasini mudiri, 1994–2002-yillar O‘zbekiston Respublikasi Fan va texnika davlat qo‘mitasi raisi, 2002–2006-yillar Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Fan va texnologiyalar markazi direktori va 1989–2010-yillar O‘zbekiston Respublikasi FA Issiqlik fizikasi bo‘limining ilmiy rahbari lavozimlarida ishlab kelgan.

Shu bilan birga “O‘zbekiston fizika jurnali” da bosh muharriri sifatida ham faoliyat ko‘rsatgan. Rossiya FA ning “Akustika” jurnali tahririyati a‘zosi ham bo‘lgan.

Uning tashabbusi bilan “Issiqlik fizika bo‘limi” O‘zbekiston Fanlar akademiyasi qoshida 1977-yil tashkil qilingan bo‘lib, 1989–2010-yillar mobaynida unga rahbarlik qilgan.

Akademik P.Q.Habibullayev zamonamizning atoqli, ko‘zga ko‘ringan fizik olim, dunyo va mamlakatimiz fizika fani rivojiga ulkan hissa qo‘shgan olim bo‘lgan.

U akustik spektroskopiya, fizik va kvant akustika, nanofizika va yumshoq muhitlar fizikasi, nochiqli optika va lazer termokimyosi, superion o‘tkazgichlar va kvant-o‘lchamli sistemalar fizikasi, yadro fizikasi va radiatsion materialshunoslik, ~~gizli~~ dinamika va kaos, izotoplar fizikasi va kimyosi hamda ~~lar~~ fotosintezi kabi yo‘nalishlarda tadqiqotlar olib borayotgan ~~mu~~fuzil ilmiy maktablar asoschisi bo‘lgan.

P.Q.Habibullayevning optika, zamonaviy akustika, siqilgan muhitlarning issiqlik fizikasi va lazer materialshunosligi sohalari bo'yicha yaratgan ilmiy maktabi jahon fani tomonidan e'tirof etilgan.

Akademikning ilmiy tadqiqotlar sohasidagi faoliyati natijalari 500 dan ortiq ilmiy maqolalar va 15 ta monografiyalarda o'z aksini topgan. 200 dan ortiq fan nomzodi va 40 dan ziyod fan doktorlari tayyorlagan.

Uning boshchiligida katta bosim ostidagi past temperaturali plazmani tadqiq qilish tufayli qudratli elektr razryad - lazerlar yaratishda muhim natijalar olingan. Yadro energetikasi muammolarini hal qilish bilan bog'liq bo'lgan qator fundamental va amaliy tadqiqotlarga boshchilik qilgan.

P.Q. Habibullayev kritik hodisalar va fazaviy o'tishlar sohasini o'z ichiga olgan kondensirlangan muhitlar akustik spektroskopiyasi asoschilaridan biri.

Jahonga tanilgan fizik olim o'rta maktab va oliy o'quv yurtlari uchun fizikadan darsliklar muallifidir.

Shuningdek, RF texnologik fanlar Akademiyasi akademigi (1992 y.), Elektrotexnik fanlar xalqaro Akademiyasi akademigi, Oliy maktab xalqaro Akademiyasi akademigi (1995 y.), Islom Fanlar Akademiyasi a'zosi, Pokiston, Hindiston va boshqa bir qancha xorijiy mamlakatlarning fanlar akademiyasi a'zosi (1997y.) bo'lgan.

P.Q. Habibullayev Beruniy nomidagi O'zbekiston Davlat mukofoti laureati (1981y.), O'zbekiston Respublikasi Davlat mukofoti sovrindori (1983y.), Jahon intellektual mulk tashkiloti (WIPO) Oltin medalining ikki marta sohibi (1985, 1996 yy.), O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan arbobi (1993y.) bo'lgan va 2000-yil "Mehnet shuhrati" ordeni bilan mukofotlangan.

U yaratgan yuqori ilmiy salohiyatga ega bo'lgan maktab orqali shogirdlari bugungi kunda katta ilmiy izlanishlar bilan bir qatorda yosh mutaxassislarni tayyorlash yo'lida ham o'zlarining salmoqli hissalarini qo'shib kelmoqdalar.

Usmonov Timurbek



Timurbek Usmonov 1942-yil 14-aprel Toshkent shahrida tavallud topgan. 1962 - 1967 yillari Moskva davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1973-yil fizika - matematika fanlari nomzodlik dissertatsiyasini yoqlagan, 1987-yil fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan. 2017-yil O'zbekiston Fanlar Akademiyasi (O'zFA) akademigi etib saylandi. Akademik Timurbek Usmonov tomonidan 1975-yil "Lazer nurlanishining modda bilan o'zaro ta'siri" laboratoriyasi tashkil etildi va uning ilmiy rahbari sifatida faoliyat ko'rsatmoqda. Ushbu laboratoriya doirasida "O'ta samarali katta quvvatga ega keng aperturali neodim lazerlari nurlanish chastotasini nohiziqi-optik o'zgartirish" ilmiy maktab va yangi ilmiy yo'nalish vujudga keldi. Yangi ilmiy yo'nalish doirasida yuqori quvvatga ega lazer tizimlarining tarmog'ini ishlab chiqqan, ularning yordamida keng spektral diapazonda (yaqin infraqizildan ultra binafsha diapazongacha) turli uzunlikdagi (10^{-8} dan 10^{-14} s gacha) lazer nurlanishlarini olish imkoniyatini yaratdi. Katta quvvatga ega lazer tizimlarini yaratish chog'ida yuksak optik sifatga ega bo'lgan nurlanishni shakllantirish konsepsiyasiga asos solindi. Nohiziqi optika nazariyasi sohasida kuchli o'zaro ta'sirlanishning yaqinlashuvi rivojlantirildi, buning natijasida dispersiyalanuvchi muhitda nohiziqi-optik jarayonlarni boshqaruvchi analitik yechimlar olish imkonini yaratdi. Katta

quvvatga ega qattiq jismlilazerlarni ishlab chiqish va yaratish sohasida neodim shishasida hamda ittriy-aluminiy la'lida ishlaydigan, turli uzunlik va quvvatga ega bo'lgan impulslarni nurlantiradigan lazerlar turkumini yaratgan. Neodim shishasida ishlovchi katta quvvatli, ko'p pog'onali, keng apekturali lazerlarning rivojlanishiga muhim hissa qo'shgan. Lazer nurlanishi chastotasini o'zgartirish jarayonlarida gipergauss dastalardan foydalanishning afzalligini birinchilardan bo'lib ko'rsatib bergan. T.Usmonov ilk bora musbat dispersiyali izotrop muhitda fokuslantirilgan lazer nurlanishi samarali mushtaraklik generatsiyasiga erishgan. Organik bo'yoqlar, kolloidli metallarning eritmalari va fullerionlarning bug'larida chastotaning o'zgarishi yuzasidan tadqiqotlar o'tkazgan. Spektrning vakuumli ultrabinafsha sohasida, ya'ni chastotasi qayta muvofiqlashtiriladigan lazerli nurlanishning manbalarini ishlab chiqqan.

Fundamental ilmiy tadqiqotlar olib borish bilan bir qatorda T.Usmonov xodimlar bilan birgalikda amaliy yo'nalishlarni ham rivojlantira bordi. I.V.Kurchatov nomli Yadro fizikasi instituti hamda kosmik kuzatuv stansiyasi bilan hamkorlikda kuchli lazer tizimlari ishlab chiqilgan. O'zbekistonning bir qator korxonalarida: O'zbekiston qiyin eriydigan va o'tga chidamli materiallar kombinatida olmos filyerlarini jo'yaklash uchun, Toshkent kabel zavodida mahsulotlarni tamg'alash uchun, Toshkentdagi "Oniks" zavodida puansonlarga yuqori sifatli ishlov berish uchun, stomatologiya klinikalarida lazer yordamida mikropayvandlash uchun qator lazer tizimlari ishlab chiqildi va ishlab chiqarishga joriy etildi. Laboratoriya qoshida lazer texnologiyalari markazini tashkil etgan, bu yerda, ilg'or lazer texnologiyalari sohasida tadqiqotlar olib boriladi va malakali mutaxassislar tayyorlanadi.

Lazer fizikasi hamda nochiziqli optikaning rivojiga beqiyos hissa qo'shgani uchun T.Usmonov 1984-yilda Davlat mukofotiga sazovor bo'lgan. Hozirda "Kvant elektronikasi" jurnali tahrir kengashining a'zosi, shuningdek Xalqaro lazer assotsiatsiyasi Kuzatuv kengashining a'zosisidir.

Hozirda u O'zRFA "lon-plazma lazer texnologiyalari" institutida laboratoriya mudiri lavozimida ishlab kelmoqda.

Ashurov Muxsindjon Xurramovich



Ashurov Muxsindjon Xurramovich 1949-yil 19-noyabr Samarqand shahrida tavallud topgan. 1966-1971-yillari Samarqand davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1978-yil fizika-matematika fanlari nomzodlik dissertatsiyasini yoqlagan, 1989-yil fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan. 1995-yil professor unvoniga sazovor bo'lgan. 1995-yil O'zbekiston Fanlar Akademiyasi (O'zFA) akademigi etib saylandi. 1981-yilda esa birinchi bo'lib O'zFA tarixida o'stirilgan kristallarni eksportini amalga oshirdi.

O'tkazilgan keng miqyosli va tadqiqotlarning natijalari Rossiya fanlar akademiyasi umumiy fizika instituti fizik olimlarini va texnologlarini la'l tarkibi asosidagi yangi materaiallarni sintezlashi uchun turtki bo'ldi. Bunday materiallar sirasiga galliyli gadolinii, galliyli gadolinii-skandiy, galliyli ittriy-skandiy kabilar kiradi. Bular qo'sh faollashtirilgan materiallar, ya'ni asosiy ionlardan tashqari yer yuzida noyob faollashtiruvchilar, shuningdek xrom ionlaridan iborat bo'lib, pirovard natijada xromning yutilishiga oid ikkita keng chiziqqa ega, bu chiziqlarning jamlovchi lampa maksimum nurlanish dipazoni taxminan 450 nm va 650 nm tashkil etadi.

Xrom ionlari nurlanish energiyasini neodim ionlariga o'tkazib berish mexanizmining kashf etilishi jamlovchi energiyaning to'lqin uzunligi $\lambda = 1,06 \text{ mkm}$, $\lambda = 0,936 \text{ mkm}$, $\lambda = 1,32 \text{ mkm}$ bo'lgan

generatsiya orqali chiquvchi, shuningdek sohasini 766-820 nm gacha bir tekis o'zgartiruvchi energiyaga aylantirish imkonini yaratib berdi.

Ittriy - aluminiyli la'l (*IAL*) kristallaridan farqli o'laroq, ushbu yangi kristallardagi harakatga keltiruvchi elektron quvvatning xrom ionlaridan, masalan, neodimdan uzatib berilishi ancha samarali kechar edi. Chunki bularda xrom ionlari *IAL* dagiga nisbatan birmuncha maqbul holatda joylashgan. Bu $4T^2$ xrom yoyilish zichligi darajasining yuqori ko'rsatkichlariga erishish va shu orqali harakatlantirilgan Cr_3^+ ionlardan yer yuzida noyob unsurlarning, jumladan neodim yoki erbining uch valentli ionlariga samarali uzatib berish imkonini yaratib berdi. Pirovard natijada qattiq jisimli lazerlarning energetik ko'rsatkichlari sezilarli darajada o'sdi. Generatsiyalash tajribalarida, masalan, galliyli ittriy-skandiy la'l kristallarida xrom ionlari va neodim bilan ana shu tarzda qattiq jisimli lazerlar uchun rekord f.i.k.ga erishildi: erkin generatsiya rejimida 15% gacha; monoimpulsdagi quvvat 0,5 J holatda va impulslarning qaytarilish chastotasi 50 Gs bo'lgan asl tozalik modulatsiyasida 6 %. Aynan ana shu asosda yangi uskunalar - lazerli spektr tahlillovchisi, impulslar kuchaytirgichi, pikosekund lazerlar ustida tadqiqot ishlarini olib borgan. Lazerning chiquvchi quvvati nisbiy o'zgarishining gamma-nurlanishning miqdoriga bog'liqligini ittriy-skandiy-galliyli-gadoliniy (*ISGG*) - Sr_3^+ , Nd_3^+ asosida o'rganish shuni ko'rsatdiki, uni yuqori energiya bilan nurlantirilganda ushbu lazerning chiquvchi quvvati o'zgarmas ekan. Bu holat ushbu turdagi lazerlarni koinot texnikasida, ya'ni tabiiy kosmik radiatsiya ta'siri sharoitida qo'llash uchun keng imkoniyatlar ochib berishini asoslab berdi.

1994-yil O'zbekiston "Faxriy Yorlig'i", 1997-yil "Do'stlik" ordeni va "O'zbekiston belgisi" ko'krak nishoni bilan mukofotlangan. 2001-yil "Fan arbobi" unvoni sohibi bo'ldi. 1990-yildan Xalqaro optik texnika jamiyati SPIE (AQSH) ning a'zosi. Shu bilan birga orden, medallarni hamda numizmatik tangalarini ishlab chiqarishni tashkil etdi. 1991-yil "Fonon" ilmiy ishlab-chiqarish birlashmasini tashkil etdi va hozirgi kunga qadar rahbarlik qilib kelmoqda.

Bedilov Melis Rahmatullayevich



Bedilov Melis Rahmatullayevich 1939-yil 10-fevral Toshkent shahrida tavallud topgan. 1954 - 1959-yillari Toshkent davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1984-yil fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan, 1988-yilda esa professor unvoniga erishgan.

Professor M.R. Bedilov tashabbusi bilan "Lazer materialshunosligi laboratoriyasi" 1989-yilda ToshDU amaliy fizika institutining bo'limi sifatida tashkil etilgan va uning ilmiy rahbari bo'lgan. Bu laboratoriyada "Qattiq jismlar sathi bilan zarralar va plazmalarning o'zaro ta'siri va Plazma fizikasi" asosiy ilmiy yo'nalishi bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borgan. 1989-2003-yillarda laboratoriya O'zbekiston Respublikasi Fan va texnika Davlat Qo'mitasining davlat budjeti mavzularining ijrochisi bo'lgan. 2003 - 2008-yillar davomida laboratoriyada "O'zbekiston Respublikasi Fan va texnologiyalar markazi" grantlari doirasida "Ikki kanalli lazer nurlanishining qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirlanganda ko'p zaryadli ionlar va yadrolar spektrining shakllanishini tadqiq etish" yuzasidan tadqiqotlar olib borgan. Bundan tashqari, laboratoriya xodimlari MAGATE ning "Investigations of interaction of laser radiation and plasma beams with materials of reactor chamber for inertial confinement fusion"

mavzuidagi grantning ilmiy rahbari bo'lgan. Laboratoriyada ikkita ishlab turgan eksperimental qurilma mavjud, ularning asosiy bo'g'implari quyidagilardan iborat: neodim lazeri bazasidagi beqiyos lazer tizimi, impulsning qaytish chastotasi $1-50$ Gs, nurlanish impulsidagi quvvati 1 J gacha va nurlanish impulsining davomiyligi 15 ns, uzluksiz ishlovchi, nurlanish o'rtacha quvvati 100 Vt gacha bo'lgan, nishonga olish kamerasi, vakuum tizimi, silindr ko'rinishidagi elektrostatik mass-tahlillovchisi hamda tashhislovchi apparatlar majmuiga ega bo'lgan CO_2 lazer. Ushbu beqiyos eksperimental qurilmadan foydalanib, oxirgi 27 yil davomida laboratoriya xodimlari tomonidan lazerning bir va ikki kanalli nurlanishi orqali olingan mono va ko'p unsurli lazer plazmalaridagi ionlanish, rekombinatsion va tezlanish jarayonlari ustida eksperimental tadqiqotlar natijalari olingan:

1. Silindr ko'rinishidagi elektrostatik energo-mass-tahlillovchisi mavjud bo'lgan vaqt oralig'ida harakatlanuvchi ikkita mass-spektrometr ishlab chiqilgan va yaratilgan, ular lazer nurlanishining tushish burchagini o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lib, massa bo'yicha va zarralarning harakatlanish masofasi bo'yicha ($L=80-150$ sm) hal etish slohiyatiga egadir.

2. Quvvatining zichligi $q=10^8-10^{12}$ Vt/sm² bo'lgan lazer nurlanishi ta'siri ostida mono nishonlarda (*Be dan W gacha*) ko'p zaryadli ionlarning hosil bo'lishiga olib keluvchi fizik jarayonlar eksperimental tadqiq qilingan. Bunda ko'p zaryadli ionlarning (Z_2^3) intensivligi oshishi samarasi va ularning energetik spektrining kengayishi aniqlangan.

3. Mass-spektrometr usulida ilk marta lazer nurlanishining zichligi kam bo'lgan g'ovaksimon muhit bilan o'zaro ta'siri zichlikdagi quvvatlar, lazer nurlanishining tushish burchagi, hamda nishonlar zichligi va konsentratsiyasi turli bo'lgan sharoitlarda tadqiq etilgan.

4. Ko'p zaryadli ionlarning zaryadga va quvvatga oid spektrlari ikki kanalli lazer nurlanishining fokuslanish sharoitiga bog'liq tarzda tadqiq etilgan va ko'p zaryadli ion-volfram (*W*) spektrining shakllanish xossalari aniqlangan. Nishonga nisbatan masofa ortishi (0 dan 1 mm gacha) bilan Z max ionlari maksimal

takroriylikining muhimligi W , ionlar intensivligining ortishi $Z > 1$, shuningdek, ionlarning katta quvvatlar tomoniga energetik taqsimlanish maksimumi ko'rib chiqilgan.

Bahromov Sagdulla Abdullayevich



Bahromov Sagdulla Abdullayevich 1941-yil 2-yanvar Toshkent shahrida ta'vallud topgan. 1957-1962-yillari Moskva davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1971-yil nomzodlik dissertatsiyasini yoqlagan, 1990-yilda esa fizika-matematika fanlari doktori bo'lgan. 2017-yil O'zbekiston Fanlar Akademiyasi (O'zFA) akademigi etib saylandi. Uning laboratoriyasida olib borilayotgan tadqiqotlar kogerentlik, yo'naltirilganlik, spektr chizig'ining tor monoxromatik kengligi, yuqori spektral quvvat kabi ajoyib xossalarga ega bo'lgan gazli lazer yaratilganidan keyin fizikaning yangi ilmiy yo'nalishlari - lazer fizikasiga, lazer spektroskopiyasiga, nochiziqli optikasini rivojlanishiga katta hissa qo'shdi. Lazer fizikasi rivojining ilk bosqichida tadqiqotchilarning asosiy vazifasi spektrning ultrabinafshadan tortib to infraqizilgacha bo'lgan barcha spektral diapazonlari sohasida lazerlar yaratishni o'z oldiga maqsad qilib qo'ydi. Chastotasi sozlanadigan lazer nurlanishining yaratilishi lazer nurlanishining modda bilan o'zaro ta'sirlanishi bo'yicha eksperimental va nazariy tadqiqotlar boshlanishi uchun asos yaratib berdi. Ushbu yo'nalish

rivoji rezonansli o'zaro ta'sirlanish fizikasi tadqiqotlari bilan, rezonansli muhitda, nohiziqi spektroskopiyada, selektiv fotokimyoda, izotoplarning lazerli taqsimlanishida, adaptiv optik tizimlarda, yorug'lik impulslari kompressorlarida o'ta qisqa uzunlikdagi nurlanishlarni hosil qilish uchun lazer nurlanishi chastotasini o'zgartirish jarayonida spektrning turli diapazonida kongerent nurlanishni hosil qilish imkoniyati bilan bog'liq. S.A.Bahromov birinchilardan bo'lib gazsimon atomar va molekular muhitlarda lazer nurlanishining o'zaro rezonansli ta'sirlanishi bo'yicha tadqiqotlar o'tkazdi. Bu tadqiqotlarda nurlanish chastotasi bir fotonli va ko'p fotonli rezonanslarga yaqinlashganda atomlar va molekularlarning nohiziqi kubsimon qismining ta'sirchanligi bir necha barobar o'sishi va ayni vaqtda bir qator nohiziqi optik hodisalar vujudga kelishi aniqlandi. Ilk bora o'z-o'ziga ta'sir ko'rsatish effektining, fotonlar parametrik nobarqaror parchalanishining, nohiziqi yutilishning, ko'p fotonli rezonansli ionlashuvning, lazer nurlanishining atomar muhit bilan rezonansli o'zaro tasirlanganda qutblanishning o'z-o'zini indusirlagan holatda aylanashiga oid fizik mexanizmlar eksperimental aniqladi. Uning tadqiqot natijalari asosida atomlarning bir fotonli rezonansli o'tishi chog'ida past chastotali sozlanish holatida fokusning buzilishi va atomlarning rezonansli o'tishi chog'ida yuqori chastotali sozlanish holatida lazer nurlanishi fokusining o'z holicha to'g'rilanishi eksperimental isbotini topdi. Lazer nurlanishi ikki fotonli rezonansli atomar muhitda qo'zg'alish chog'ida o'z holicha fokusini to'g'rilashi birinchi bo'lib eksperimental jihatdan aniqlandi va nazariy jihatdan ifodalab berildi hamda fokus o'z holicha to'g'rilanishining fizikaviy mexanizmi ochib berildi. Atomlarning ikki fotonli rezonansli qo'zg'otilishi sharoitida to'rt fotonli parametrik o'ta lyuminessensiyalanish (*TFPO'L*) holatini eksperimental jihatdan aniqladi. *TFPO'L* ning spektral kengligining kattaligi difraksion hodisalar va sinxronizm nuqtasining silijib yurishi bilan bog'liqligini aniqladi. Kuzatilgan ushbu hodisa lazer nurlanishi maydonidagi nohiziqi sirkular girotropiyasida muhitning

indusirlanishi bilan bog'liqligi va atomlarning kubsimon nochiziqli rezonans ta'siriga berilishi bilan aloqadorligini ko'rsatib berdi.

Hozirda u O'zRFA "Ion-plazma lazer texnologiyalari" institutida laboratoriya mudiri lavozimida ishlab kelmoqda.

Azamatov Zakirjan Taxirovich



Azamatov Zakirjan Taxirovich 1941-yil 27-aprel Toshkent shahrida tug'ilgan. 1960-yili Toshkent davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1961-yildan o'qishni Moskva davlat universitetida davom ettirgan. 1979-yil fizika - matematika fanlari nomzodi bo'lgan, 2004-yilda esa fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan. Z.T.Azamatov keng taraqqiy etgan qattiq jismlar kristallarining uch valentlik lantanoidlar guruhiga kiruvchi oksid kristallarini optik metod bilan o'stirish va ularni spektral va generatsion xarakteristikalarini tadqiq qilish bo'yicha ilmiy ishlar olib bormoqda.

Lazeming faol moddasi silindr shakldagi yoqut kristalli ($Al_2O_3:Sr^{+3}$) bo'lib, uning asoslari nihoyat darajada silliqlangan. Silindrning bir uchi to'liq ko'zgu, ikkinchi uchi esa yarim shaffof bo'ladi. Silidsimon kritalini spiral shakli gaz zaryad lampasi bilan yaratadi. Bu lampalarning kuchli ko'kimtir yashil yorug'ligi xrom kristallini yuqori energetik holatga o'tishiga imkon yaratadi. Yaratilgan xrom ionlari yuqori energetik sathdan quyi energetik

sathga o'tganda har xil yo'nalishlarda hosil bo'lgan induksiyalangan nurlanishlarning faqat kristall o'qi bo'ylab yo'nalganda uning uchlaridan ko'p marta qaytadi va kuchli lazer nuri ko'rinishida uning shaffof tomonidan tashqariga chiqib ketadi. Lampaning yorug'ligi har qancha kuchli bo'lmasin, uyg'otilgan atomlar soni uyg'otilmagan atomlar sonidan ortiq bo'lmaydi. Chunki yorug'lik ayni vaqtda atomlarni uyg'otadi ham, atomlarni yuqori sathdan quyi sathga majburiy ravishda induksiyalab o'tkazadi ham. Uchta energetik sathdan foydalanish yo'li bilan bu masala hal qilindi.

Z.T.Azamatov juda katta aniqlikda o'lchaydigan lazerli-interferometrik o'lchov asboblari yordamida tadqiqot ishlarini olib bormoqda. Uning ilmiy tekshirish izlanishlari granat strukturasiidagi $Y_3Al_5O_{12}$ ittriy-aluminiy-galliy (*IAG*) granatlariga Nd^{+3} , $Nd^{+3}+Cr^{+3}$, Tb^{+3} , Eu^{+3} , Dy^{+3} , Er^{+3} , Gd^{+3} nodir yer elementlari qo'shilgan va aralash granatlariga $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}$ ittriy-aluminiy-galliy granat (*IAGG*) neodim qo'shilgan va nodir yer granatlariga reniy aluminiy - galliy (*ReAG*) Cr^{+3} va Mn^{+3} qo'shilgan kristallarni o'stirgan, spektral va generatsion xarakteristikalarini tadqiq qilgan. Bu ilmiy tadqiqod ishlari lazer granatlarini effektiv nurlanishini oshirishga va generatsion xarakteristikalarini yaxshilashga bag'ishlangandir.

Z.T.Azamatov birinchi bo'lib *IAG:Gd⁺³* granatida lazer nurlanishini ultrabinafsha oraliqda $\lambda=314,6 \text{ nm}$ to'lqin uzunligida bo'lishini aniqladi. U yana Nd^{+3} neodim ionini kiritilgan lyutitsiy aluminiy granatini spektral generatsion xarakteristikalarini tadqiqod qildi va lazer nurlanishini bu faol muhitda $\lambda=1064,3 \text{ nm}$ bo'lishini aniqladi. Bundan tashqari u yangi turdagi faol muhitlarga *Sc*, *Ca*, *Ce* va *Mn* ionlari kiritilgan murakkab aralash granatlarni spektral generatsion xarakteristikalarini tadqiqod qildi. Bu tadqiqodlarning asosiy maqsadi bu faol muhitlarning spektral, generatsion, termaoptik va mexanik xususiyatlarini va kristallarni o'stirish texnologiyasini yaxshilashga qaratilgan. Bu tadqiqod qilingan faol muhitlarning ichida quyidagi kristallar katta ahamiyatga ega: *ISGG: Nd⁺³, Cr⁺³*; *ISGG: Cr⁺³, Er⁺³*. Bu kristallarning ichida birinchi qatorida tarkibida neodim ionlari

bo'lgan IAGG: Nd^{+3} da $\lambda=1064,2$ nm to'lqin uzunligida lazer nurlanishi xona haroratida olindi va tadqiqot qilindi.

Hozirda u "Fan va texnologiyalar agentligi"ning "Innovatsiya" bo'lim boshlig'i o'rinbosari lavozimida ishlab kelmoqda.

Mirzayev A'zam Turapovich



Mirzayev A'zam Turapovich 1943-yil Toshkent shahrida tavallud topgan. 1960-1965-yillari Toshkent davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1972-yil nomzodlik dissertatsiyasini yoqlagan, 1987-yilda fizika-matematika fanlari doktori bo'lgan. 1988-yil professorlik unvoniga erishgan. Respublikada e'tirof etilib kelinayotgan Kvant radiofizika ilmiy maktabi asoschilaridan biri. 1980-2002-yillarda kvant radiofizika kafedrasiga mudirlik qilgan. Fotonlar statistikasi, lazer nurining kogerentligi, kvant signallarini qabul kiluvchi chegaraviy optik sistemalar ustida tadqiqotlar olib borgan.

Radiofizika sohasidagi dastlabki ilmiy tadqiqot ishi "Radiodiapazon sohadagi elektromagnit to'lqinlarning ionosfera va turli muhitlarda tarqalishi, turli lazerlar va ularning parametrlarini aniqlash" ga bag'ishlangan.

O'zbekiston Milliy universitetining "Radiofizika" kafedrasida lazer fizikasi sohasidagi ilmiy izlanishlarni keng yo'lga qo'ygan.

U fotonlar statistikasi va korrelatsiyasi hamda lazer fizikasi sohasi rivojlanishi bilan bog'liq bo'lgan, kvant radiofizikasi rivojiga katta hissa qo'shgan.

Prof.A.T.Mirzayevning fizika fanidagi yirik, dolzarb yo'nalishlarni oldindan ko'rish va his eta olishdek xislatlari hamda tashkilotchiligi ilmiy maktab mavqeini yuksak darajaga ko'targan. U o'z ilmiy maktabiga doimo fizika fakultetini bitirgan qobiliyatli, ilmga chanqoq yoshlarni jalb qilib kelgan.

Ilmiy maktab faollari o'zlarining dastlabki 20 yillik ilmiy izlanishlarida axborot uzatish va qabul qilishning optimal sistemalari ustuvor yo'nalish bo'lgan.

A.T.Mirzayev 1972–1985-yillarda ko'p kanalli foton sanagichlari va raqamli foton korrelatorlarini yaratish va ularni amaliyotga tatbiq qilish ishlariga rahbarlik qilgan. Natijada prof. A.T.Mirzayev va uning shogirdlari erishgan ilmiy natijalar harbiy mudofaa sohasiga muvaffaqiyatli tatbiq etildi. Fotonlar statistikasi, lazer nurining kogerentligi, kvant signallarini qabul qiluvchi chegaraviy optik sistemalar ustida tadqiqotlar olib borgan. Bu yo'nalishdagi samarali ilmiy tadqiqotlar natijasida intensivligi kvant chegarasidagi yorug'lik nurlanishlarini qayd etish, ya'ni ayrim fotonlar oqimidagi ma'lumotlarni uzatishdagi fundamental masalalarning yechimini aniqlagan. Sust intensivlikdagi nurlanishlar asosida atmosfera va kosmosdagi obyektlarni kuzatish uchun optik asboblardan hamda kvant chegarasida ishlovchi qurilmalar prof. A.T.Mirzayev rahbarligida yaratilgan.

Olim o'z diqqatini "O'ta sust intensivlikdagi signallar vositasida hosil bo'ladigan ikki gradatsiyali diskret tasvirlarni qabul qilish" yo'nalishidagi ilmiy izlanishlarga jalb etgan. Buning natijasida "Turbulent atmosfera va optik nurlanish kanallarida o'ta sust intensivlikdagi binar tasvirlarni uzatish va qabul qilish sistemasi" ni yaratgan. Ma'lumki, lazer nuri obyektlar haqida ma'lumot olish va ularni uzatishda muhim tadqiqot quroli hisoblanadi. Bunda lazer nurlanishi manbaiga nisbatan katta talablar quyiladi. Jumladan, A.T.Mirzayevning "Nurlanish chastotasi stabilligi va energiya iste'moli" kosmik sun'iy

yoʻldoshlarida, kichik siljishlarda, lazerli atom sovitgichlarida va boshqalarda ahamiyatlidir.

Mirinoyatov Mirsodiq Mirqurbonovich



1944 - 2012 yy.

Mirinoyatov Mirsodiq Mirqurbonovich 1944-yil 7-dekabr Fargʻona viloyati Qoʻqon shahrida tavallud topgan. 1963-1968-yillari Toshkent davlat universiteti talabasi boʻlgan. 1984-yil fizika - matematika fanlari nomzodi boʻlgan, 1999-yilda esa fizika - matematika fanlari doktori boʻlgan. 2002-2005-yillarda “Kvant radiofizika” kafedrasiga mudirlik qilgan. Yuqori va oʻta yuqori chastota razryadli gazli faol muhitlarning elektr, optik va generatsiya tavsiflari tadqiqotlari hamda gazli lazerlarning yangi konstruksiyalarini yaratish sohasida taniqli olim.

1985-1989-yillari professor M.Mirinoyatov *He-Ne*, *CO₂* – lazerlarining kam shovqinli, stabil, kam energiya sarflovchi turkum modellarini yaratib, amaliyotga tatbiq etgan. Bu esa kvant radiofizikasini yanada rivojlanishiga katta hissa qoʻshdi. Oʻta yuqori chastotali koʻndalang razryadli (*OʻYUCHKR*) *He-Ne* faol muhitining elektr, optik va generatsiya xususiyatlarini oʻrganish natijasida oʻta quvvatli yakka chastotali va kam shovqinli hamda past kuchlanishlarda ishlovchi (*27 V*) *He-Ne* lazerini yaratgan va amaliyotga tatbiq etgan. “Yakka chastotali *OʻYUCHKR*

He-Ne (geliy-neon) lazerini yaratish”, “Yakka chastotali *O'YUCHKR SO* - lazerini yaratish” kabi ilmiy tadqiqot ishlarining natijalaridan 1975-1981, 1983-1989-yillarda Rossiya Fanlar akademiyasi “Lazer fizikasi instituti” (Novosibirsk shahri) da va Moskva viloyati Jukovsk shahri Aviatsiya birlashmasida, shuningdek, Ryazan ilmiy-tekshirish institutlarida keng foydalanilgan.

Olib borilgan tadqiqotlar asosida optik nurtolalar sindirish ko'rsatkichining taqsimotini aniqlash usuli ishlab chiqilgan. Zilzila va uning oqibatlarini insoniyat uchun naqadar xatarli ekanligini dunyo xalqlari o'z tajribalaridan yaxshi bilishadi. Yer silkinishlarini oldindan aniqlash-prognoz qilish dunyo fanidagi eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Kvant radiofizikasi ilmiy maktabi tadqiqotchilari 1989-yilda professor M.M.Mirinoyatov boshchiligida *He-Ne* lazer nurida ishlovchi “O'ta kichik silkinish-siljishlarni qayd etuvchi lazerli tizim” (deformograf)ni yaratishga muvaffaq bo'lingan. U lazerlar fizikasi yo'nalishida katta hajmdagi xo'jalik shartnomalari asosida ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borgan. Shu jumladan, optikadan o'quv laboratoriyalari majmuasi yaratilib, O'zbekiston davlat patenti olingan.

M.M.Mirinoyatov ilmiy tadqiqot ishlari (2 ta o'quv qurilmasi) ga O'zbekiston Respublikasining 8 ta patentlarni olingan hamda Oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlari uchun yaratilgan ko'plab o'quv laboratoriya qurilmalarining muallifi bo'lgan.

M.M.Mirinoyatov tomonidan boshlangan ilmiy tadqiqot ishlari davom ettirilib, hozirda “Lazer fizikasi” sohasida bugungi kunda olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar kichik siljishlarni o'lchovchi lazer qurilmalarini yaratish va ishlab chiqish, optik maydonlarning kogerentlik xususiyatini o'rganuvchi yuqori tartibli fotonlar korrelatsiyasi uslublarini ishlab chiqish, yuqori chastota razryadli gazli faol muhitlarni tadqiq etish va gazli lazerlarni yaratish, bir jinsli bo'lmagan muhitlarda lazer nurining tarqalishidagi statistik xossalari va noxiziqli dinamikasini o'rganishda asosiy manba bo'lib xizmat qilmoqda.



Zohidov Erkin A'zamovich 1955-yil 1-avgust Toshkent shahrida tavallud topgan. 1972 - 1977-yillari Toshkent davlat universiteti talabasi bo'lgan. 1981-yil fizika - matematika fanlari nomzodlik dissertatsiyasini himoya qilgan, 1994-yilda esa fizika - matematika fanlari doktori bo'lgan.

E.A.Zohidovning asosiy ilmiy tadqiqot ishlari nurning modda bilan o'zaro ta'sirlanishini o'rganish maqsadida turli parametrdagi lazer nurlanishini shakllantirish, qayta hosil qilish va qo'llash masalalariga bag'ishlangan. U neodim lazeri nanosekund uzunligida nurlanishining turli xossalaridan foydalanib, uzunligi bo'yicha qayta o'zgartirilayotgan nurlanish to'lqinining bir modali va kam modali optik tolalarda nochiziqli - optik jarayonlarga generatsiyalanish imkoniyatlarini aniqladi. Kam modali optik tolalarda lazer nurlanishining to'rt fotonli nochiziqli o'zaro ta'sirlanishi orqali stoks - aksilstoks juftliklari generatsiyasiga erishgan bo'lib, uning natijasida faza sinxronizmi shartlarini o'zgartirish hisobiga ularning chastotasini muvofiqlashtirish mumkinligini asoslab bergan. Jilolanish markazlari F_2^- va F_2^+ ga xos konstruksiyaga ega bo'lgan muvofiqlanuvchi tolalarning optik tolalarni jamlash uchun LiF kristallarida qo'llab ushlab bora bir maromda muvofiqlanuvchi nurlanishni optik aloqa

uchun istiqbolli hisoblangan qariyb 1300 nm ga teng bo'lgan spektral sohada generatsiyalanishiga erishdi.

Shu bilan bir qatorda, lazer nurlanishining o'ta yuqori intensivligi holatida optik tolalarda tasvir ko'rsatish uzunligi bo'yicha jamlanish xossasidan foydalanib $400-1800\text{ nm}$ spektral sohalarda nurli superkontinum generatsiyasiga erishildi. Bir modali optik tolada eritilgan kvarsning manfiy dispersiyasi sohasida (1300 nm dan katta uzunlikda) bunday nurlanish uzunligi $\sim 18\text{ fsek}$ dan iborat yuksak intensivlikka ega solitonlar - elektromagnit tebranishning bir necha davriyligiga mos uzunlikdagi optik impulslar mavjud bo'ladi. Bunday solitonlarning sanyakning tolali interferometridagi nosoliton fondan ajralib chiqish imkoniyatini ko'rsatib berdi.

E.A.Zohidov optik tolaning qo'shshu'lali sinishi orqali Kerr effekti hisobiga dinamik qoplanishi maromida yorug'likning nobarqarorligi vujudga kelishini hamda bu hodisa tolada optik faollik mavjud bo'lgan holda yorug'likning tartibsiz harakatini keltirib chiqarishini ilk bora eksperimental jihatdan asoslab berdi.

Lazer nurlanishi o'ta qisqa impulslaridan biomolekulalarni o'rganish maqsadida turli uzunlikdagi to'lqinlar va lazer spektroskopiyasining turli uslublarida foydalanish orqali alternativ energetika uchun, yorug'lik nurlanishi energiyasini qayta hosil qilish va to'plash jarayonlari uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan bir qator jarayonlarning fizikaviy mexanizmlarini kashf etish imkonini berdi.

Yuqorida qayd etilgan ilmiy tadqiqotlar bo'yicha 150 dan ortiq ilmiy ishlar, shu jumladan, yetakchi xalqaro nashrlar va jurnallarda e'lon qilingan. Bu ishlar lazer fizikasi hamda uni qo'llash sohasidagi Chikago universiteti (*Chikago, AQSH, prof. Djems Norris*), Syurix Politehnika universiteti (*Syurix, Shveysariya, doktor Yorg Leypner*), Bonn universiteti (*Bonn, GFR, Doktor Piter Kons*), Ilm - fan bo'yicha milliy kengashning Biofizika instituti *CNR (Milan, Italiya, prof. Dj.Zuchelli)* kabi yetakchi xalqaro ilmiy markazlar bilan ko'p yillik samarali hamkorlik uchun zamin bo'ldi.

Hozirda u O'zRFA "Ion-plazma lazer texnologiyalari" institutida laboratoriya mudiri lavozimida ishlab kelmoqda.

2-BOBNI O'ZLASHTIRISHDA USTOZ-SHOGIRD O'RTASIDAGI IKKINCHI SUHBAT

Shogird. Kitobni mazmunida uchraydigan ayrim o'ta murakkab fizik jarayonlarni tahlil qilib, eng muhimi sodda, talaba uchun tushunish oson bo'lishini ta'minlovchi ustoz-shogird bilan bo'ladigan suhbat orqali yoritilish uslubi qo'llanganligi shubhasiz ijobiy bo'lib, bunday yondashuv yaxshi samara beradi deb hisoblayman.

Ustoz. Bildirilgan ijobiy fikr uchun rahmat. Ustozning vazifalaridan biri doimo izlanishda bo'lib, o'quv adabiyotlaridagi ma'lumotlarni o'zlashtirishda yuqori samara beradigan uslublarni qo'llashdan iborat. Ushbu o'quv qo'llanmada tavsiya etilgan yondashuvni bu sohadagi boshlang'ich qadamlardan biri desak bo'ladi. Keling, ushbu bob bo'yicha savollaringiz bo'lsa muhokamaga o'tsak.

Shogird. Kitobning birinchi bobi bilan tanishganimda o'zimga juda ko'p kerakli ma'lumotlarni oldim. Lazerlarning turlari va ularning tuzilishiga bag'ishlangan ushbu bobda bayon qilingan ma'lumotlar bilan tanishish jarayonida bir qator savollar tug'ildi. Shular haqida sizdan so'ramoqchiman.

Ustoz. Har qanday adabiyot bilan ayniqsa fizika sohasiga tegishli ma'lumotlar bilan tanishganda tushunmovchiliklar bo'lishini tabiiy hol deb hisoblayman. Tortinmay murojaat qilishingiz mumkin.

Shogird. Meni tushunishim bo'yicha lazer nurlanishlarini hosil qilishda faol muhit deb nomlanuvchi kattalikni o'rni alohida ekan. Faol muhit tushunchasiga izoh bersangiz.

Ustoz. Yaxshi sezibsiz. Agar o'xshatish mumkin bo'lsa faol muhitni lazer qurilmasini yuragi deb qarash o'rinlik bo'ladi. Faol muhit tushunchasi barcha turdagi lazerlar uchun bir xil bo'lib, lazerning turlariga qarab gazli lazerlarda gaz molekulasi faol muhit vazifasini bajarsa, qattiq jism lazerlarida esa qattiq jismga aylangan aralashmaning ionlari tashkil etadi. Lazer nurlanishlari ushbu bobda yoritilganidek faol muhitlarning energetik sathlardagi qonuniyatlari asosida hosil bo'ladi.

Shogird. Rahmat, yaxshi ma'lumot oldim. Faol muhitdagi fizik jarayonlar optik damlash orqali amalga oshirilgan ekan. Meni tushuncham to'g'rimi?

Ustoz. Tushunchangiz juda to'g'ri.

Shogird. "Optik damlash" iborasiga to'laroq ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Ushbu bobni diqqat bilan o'qigan bo'lsangiz siz bergan savolga javob bor edi. Mayli, soddaroq ko'rinishda tushuntirishga harakat qilaman. Optik damlash elektromagnit nurlanishi yordamida atomlarni (elektronlarni, ionlarni) quyi energetik sathdan yuqori energetik sathga ko'tarilishiga majbur qilish tushuniladi.

Shogird. Qattiq jisimli lazerlarning nurlanishi impulsli bo'lar ekan. Impuls so'zining lug'aviy ma'nosidan kelib chiqadigan bo'lsak bu ibora tushunarli. Buni lazer nurlanishidagi o'rni qanday?

Ustoz. Umuman lazerlarning ishlash tamoyiliga qarab ikki guruhga bo'lish mumkin. Ya'ni nurlanishi uzluksiz bo'lgan lazer hamda nurlanishi uzlukli bo'lgan lazerdan iborat bo'ladi.

Uzlukli nurlanishga ega bo'lgan lazerlar asosan qattiq jisimli lazerlarga tegishli bo'lib, o'zidan uzluksiz – muntazam yorug'lik nurlanishi chiqarib turish vaqti $10^{-3} \div 10^{-9}$ s ga ega bo'lgan lazerlar impulsli lazerlar nomi bilan yuritiladi.

Shogird. Kechirasiz? Shu o'rinda bir narsaga aniqlik kiritilishini xohlardim. Uzluksiz va uzlukli (impulsli) lazerlarning kundalik hayotimizdagi o'rni qanday? Ya'ni turli sohalarida ishlatilish samaradorligini belgilovchi asosiy kattalik hisoblangan quvvati bilan qanday farq qiladi?

Ustoz. Impulsli nurlanish beruvchi lazerning nur chiqarib turish vaqti juda kichik bo'lganligi uchun uning quvvati uzluksiz lazer nurlanishi quvvatidan bir necha marta katta bo'ladi.

Shogird. Umumiy o'rta ta'lim bosqichida o'qiganimda yorug'lik nurining kogerentligi tushunchasiga duch kelmagan ekanman. Ushbu bobda lazer nurlanishining kogerentligi degan iborani uchratdim. Bu kattalikni qanday tasavvur qilish mumkin?

Ustoz. Diqqat bilan o'qiyotganingiz berilayotgan savollardan sezilib turibdi. Kogerentlik kattaligini fizik ma'nosini tushunish

uchun yorug'likning interferensiya hodisasini eslashga to'g'ri keladi. Ya'ni ikkita o'zaro kogerent bo'lgan yorug'lik to'liqini fazoning biror nuqtasida qo'shilganda natijalovchi to'liqinning energiyasi oshish yoki kamayish hodisasiga interferensiya deyiladi. Interferensiya hodisasi kuzatilishi uchun ikkita qo'shiluvchi to'liqin o'zaro kogerent bo'lishi shart. Kogerentlik degani ikki nurni fazalar farqi o'zgarmas bo'lishiga aytiladi. Lazer nurlanishi kogerentligi ham xuddi shunday tushuntiriladi. Demak, lazer nurlanishining istalgan ikki nuqtasidagi elektromagnit tebranishlarning fazalar farqi o'zgarmas bo'ladi.

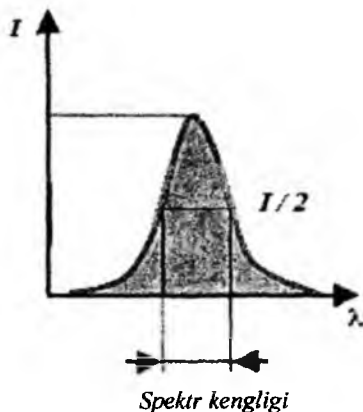
Shogird. Rahmat. Hayotimda hech duch kelmagan iboralar ko'p ekan. Sizdan shular haqida ketma-ket so'rab olishga ruxsat bersangiz.

Ustoz. Esingizda bo'lsa siz bilan bo'lgan birinchi suhbatda bu haqida kelishib olganmiz. Hech tortinmay so'rashingiz mumkin.

Shogird. Lazerlarning rezanatorlari to'g'risida ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Yodingizda bo'lsa faol muhitni lazer qurilmasini yuragi deb atagan edik. Lazer qurilmasining rezonatorlari faol muhitdagi zarralarning majburiy nurlanish berish jarayonining samaradorligini oshirish uchun zarur bo'lgan yuqori energiyadagi nurlanish olish imkoniyatini beruvchi optik tizimdan iborat. Rezanator shisha nayning ikki tomoniga yassi o'zaro parallel yuqori qaytarish koeffitsiyentiga ega bo'lgan ko'zgulardan iborat optik tizim hisoblanadi. Shu ko'zgular orasiga faol muhit joylashtirilib majburiy nurlantirilgan yorug'lik nuri ko'zgular o'rtasida bir necha bor qaytishi hisobiga lazer qurilmasidan chiqadigan nurlanish energiyasi (intensivligi) oshishiga erishiladi.

Shogird. Gazli lazerlarga tegishli qismi bilan tanishganimda lazer nurlanishining chizig'i degan iboraga duch keldim. Shu haqida ma'lumot bersangiz.



Ustoz. Bu fizik tushuncha hisoblanib, lazer nurlanishini monoxromatiklik darajasi bilan bog'liq. Monoxromatiklik bu nurlanish spektr kengligini juda kichikligi bilan xarakterlanib, bitta to'liq uzunligidan tashkil topishi lozim. Spektr tushunchasi esa lazer nurlanishi intensivligini (birlik yuzadan birlik vaqt ichida oqib o'tgan energiya miqdori) nurlanishi chastotasi yoki to'liq uzunligi bilan bog'lanishini xarakterlaydi. Rasmda spektrning ko'rinishi ifodalangan. Ushbu rasmdagi spektrning intensivligi katta bo'lib, uning kengligi iloji boricha kichik bo'lsa, bunday lazerning amliyotda keng qo'llash imkonini beradi.

Shogird. Gazli lazerlar bo'limi bilan tanishganimda faol muhit joylashtirilgan shisha trubka (nay) ning ikki tomoni Bryuster burchagi ostida ikkita yassi plastinkalardan tashkil topganligi to'g'risida ma'lumotga duch keldim. Bryuster burchagi qanday burchak? Shu haqda ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Bu haqida oldingi bobda ham ma'lumot bergan edim. Umumiy o'rta ta'lim bosqichidagi tushunchalaringizdan ma'lumki yorug'lik manbalarining shartli ravishda ikki turga bo'lish mumkin. Birinchi tur manbalarida nurlanish tarkibidagi elektr maydon kuchlanganlik vektori vaqt bo'yicha tartibsiz harakatda bo'lishi qutblanmagan manba deyiladi. Ikkinchi tur yorug'lik manbalari tarkibiga lazer nurlanishlari kirib, bu nurlanishlar qutblangan bo'ladi. Ya'ni lazer nurlanishi tarkibidagi elektr maydon

kuchlanganlik vektorining vaqti bo'yicha harakatlari tartibli bo'ladi.

Lazer nurlanishining qutblanganligini Bryuster burchagi yordamida amalga oshiriladi. Ikkita dielektrik muhit chegarasidan qaytgan yorug'lik nurlanishni qutblanganligini Bryuster burchagi ta'minlab, ushbu qaytish jarayonida energiyaning yutilishi minimumga erishiladi. Boshqacha qilib aytganda, muhit chegarasidan qaytgan yorug'lik nurlanishini to'la qutblanganligini ta'minlovchi burchak desak to'g'ri bo'ladi.

Tushunarli bo'lishi uchun quyidagi misolda ko'rib chiqamiz.

Masalan, havo bilan muhit chegarasiga tushayotgan yorug'lik nuri shu chegaradan to'la qaytib qutblangan bo'lishi uchun Bryuster burchagi qanday bo'lishi kerak? Demak, $n_{havo} = 1$; $n_{shisha} = 1,53$ desak $i = ?$ topish kerak.

Ma'lumki yorug'lik nurlanishi muhitga tushish burchagi bilan muhitning sindirish ko'rsatkichlari o'rtasida quyidagi bog'lanish mavjud,

$$\operatorname{tg} i = n_2/n_1 = n_{21}$$

Bizning misolimizda $n_{havo} = n_1$, $n_{shisha} = n_2$. Demak, $\operatorname{tg} i = 1,53 / 1 = 1,53$ ni tashkil qiladi. $\operatorname{tg} i$ qiymatlari 1,5 bo'lishi uchun i necha gradus bo'lishi lozim. Shundan kelib chiqib $i = 57^\circ$ ga teng bo'ladi.

Xulosa: Havo bilan shisha chegarasidan yorug'lik nuri to'la qutblanib qaytishi uchun shu muhit chegarasiga 57° burchak bilan tushishi kerak ekan.

Shogird. Hech esdan chiqmaydigan qilib tushuntirdingiz. Rahmat.

Ustoz. Sizga uncha qiyin bo'lmagan amaliy savol bilan murojaat qilmoqchiman. Mustaqil ravishda yechimini topishga harakat qiling. Lazer nurlanishini qutblangan nur desak, amalda qutlangan ekanligini qanday aniqlaymiz?

Shogird. Meni bilishimcha bizni ko'zimiz yorug'lik nurlanishi to'liq uzunligini $\sim 400 - 700 \text{ nm}$ oralig'idagi nurlanishni sezadi. Karbonat angidrid gazida ishlovchi lazer

nurlanishini to'liq uzunligi $\lambda = 10,6 \text{ mkm}$ ni tashkil qilar ekan, ya'ni o'n ming angstromdan ham yuqori. Bu nurlanishlarni ko'rmaymizku?

Ustoz. Fikringiz juda to'g'ri. Bizga 700 nm dan yuqori to'liq uzunlikka ega bo'lgan nurlanishlarni biz ko'rmaymiz. Bunday nurlanishlar infraqizil nurlanish nomini olgan.

Issiqlik nurlanishi bilan bog'liq barcha nurlanishlar infraqizil to'liq uzunligi chegarasiga to'g'ri keladi.

Shogird. SO_2 gazli lazerlarga tegishli ma'lumotlar bilan tanishganimda gazning adiabatik kengayishi degan tushunchaga duch keldim. Shu haqida ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Muhit temperaturasining oshishi bilan bosimning oshib borishi qonuniyati issiqlik miqdorining o'zgarishi bo'lmaydigan jarayon orqali amalga oshirilishi adiabatik jarayonni xarakterlaydi.

Shogird. Savol – javoblarimiz juda qiziqarli o'tdi. Ayniqsa, men o'zim uchun kelajakda kerakli bo'ladigan fizik jarayonlar to'g'risida qimmatli ma'lumotlarga ega bo'ldim. Sizdan uzr so'rab bugungi kungacha men uchun umuman yangi bo'lgan ibora to'g'risida so'rasam. Dimer va eksimer so'zlari ishlatilgan.

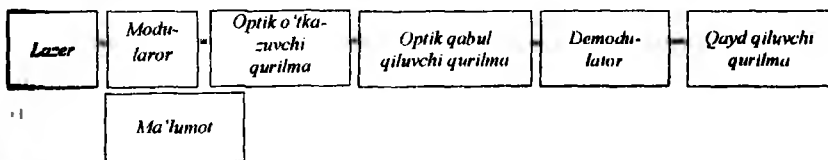
Ustoz. Bu ibora kimyo sohasida ko'p ishlatilib, molekula tarkibidagi atomlar tizimini shakllanishi bilan bog'liq. Jumladan, agar muhitni tashkil qilgan molekula ikki o'lchamli atomlardan tashkil topsa – *dimer*, molekula tarkibi ko'p o'lchamli atomlardan tashkil topsa – *eksimer* deb nomlanishi qabul qilingan.

III BOB. LAZERLARNING QO‘LLANILISH SOHALARI

3.1. Optik aloqa

Radioaloqa rivojlangan sari unda yuqori chastotalar keng qo‘llanila boshlandi. Kogerent to‘lqinlar manbai - lazerlarning kashf qilinishi ularning aloqa vositasida qo‘llanishiga keng imkoniyatlarni yaratdi. Buning natijasida uzatuvchi chastotasi 10^{15} Gs bo‘lgan bir yorug‘lik dastasi yordamida 10^8 ta televizion dastur yoki 10^{11} radiostansiyaning bir vaqtda ishlash imkoniyatini amalga oshirish mumkin. Yorug‘likning to‘lqin uzunligi radioto‘lqinlarnikiga nisbatan juda kichik bo‘lgani uchun yorug‘lik to‘lqinlarini yo‘naltiruvchi qurilmalar masalan, antennalar ham nisbatan kichik o‘lchamlarga ega bo‘ladi. Diametri $10\div 100$ sm bo‘lgan linza yoki ko‘zgular vositasida tarqalish burchagi $\varphi = 0,5 \cdot 10^{-6}$ rad bo‘lgan yorug‘lik dastasi hosil qilinadi.

Optik aloqa tizimining asosiy elementlari modulator va demodulatordir. *Modulator* – qandaydir muntazam fizikaviy jarayonni tavsiflovchi parametrlarni vaqt davomida majburlab o‘zgartirish qurilmasi bo‘lib, amplitudaviy yoki chastotaviy modulatsiyani amalga oshiradi. *Demodulator* – yordamida yorug‘lik to‘lqiniga kiritilgan ma’lumot ajratib olinadi. Optik aloqa tizimining blok sxemasi 3.1 - rasmda keltirilgan.



3.1 - rasm. Optik aloqa tizimi sxemasi.

Lazer nurlanishining modulator orqali o‘tishi jarayonida uning parametrlari modulatorga berilayotgan signal tovushi, tasvir, yozuv

signali ta'sirida o'zgartiriladi va optik uzatuvchi qurilma - antennaga tushadi. Mazkur yorug'lik to'liqini qabul qiluvchi qurilmaga tushib kuchaytiriladi va demodulatorga informatsiya signali eltuvchi to'liqindan ajratib olinadi. Informatsion signal qayd qiluvchi qurilma mikrofon, televizor trubka, telefakslarda qayd qilinadi. Yorug'lik to'liqinini ikki xil usulda: ichki va tashqi modulatsiyalash mumkin. *Modulatsiya* - qandaydir muntazam fizikaviy jarayonni tavsiflovchi kattaliklarni vaqt davomida berilgan qonun bo'yicha o'zgartirishdir.

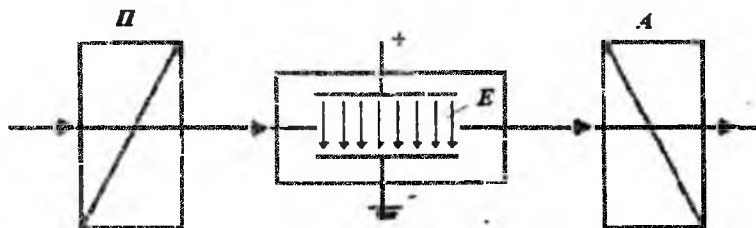
Ichki modulatsiyalashda lazer nurlanishi jarayonida uning parametrlarini kerakli o'zgartirishga erishiladi. Ichki modulatsiya lazer rezonatoriga berilgan energiya miqdorini yoki rezonatorning aslligini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Yarimo'tkazgichli lazerlarda ichki modulatsiya kogerent nurlanishni hosil qiluvchi tok kuchini o'zgartirish natijasida amalga oshiriladi.

Yorug'likning biror muhit bilan o'zaro ta'siriga asoslangan tashqi modulatsiya usullari ham keng tarqalgan. Tashqi modulatsiyada nurlanish parametrlari lazer generatoridan keyin o'zgartiriladi. Hozirgi vaqtda mexanik, magnitoptik, elektrooptik, akustooptik modulatorlar keng qo'llanilmoqda.

Yorug'lik yo'liga kiritilgan aylanuvchi, tez buriluvchi, yorug'lik yo'lini tez - tez to'sib - ochib turuvchi qurilmalar mexanik modulatorlar nomini olgan bo'lib, ular yordamida 10 kGs chastotagacha modulatsiya hosil qilish mumkin. Bunday modulatsiya chastotasi yetarli bo'lmagani uchun boshqa turdagi modulatorlar ko'proq ahamiyatga ega. Elektrooptik modulatorning ishlashi qutblangan yorug'likning muhit bilan o'zaro ta'siriga (Kerr va Pokkels effektiga) asoslangan.

Ba'zi bir suyuq dielektriklar elektr maydoniga kiritilganda sun'iy anizotropiya hosil bo'lib, ularda bir o'qli juftlab sindiruvchi kristall xususiyatlari hosil bo'ladi (Kerr effekti). Bunday sun'iy kristall muhitning o'qi elektr maydoni kuchlanganligi bo'ylab yo'naladi. Bu o'qqa perpendikular ravishda yo'nalgan yorug'lik to'liqini bir yo'nalish bo'yicha tarqaluvchi oddiy va odatdagi bo'lmagan nurga ajraladi. Dielektrikda L masofani bosib o'tgan oddiy va odatdagi bo'lmagan nurlarning fazalar farqi $\Delta\varphi = 2\pi B_k L$

E^2 ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda B_k – Kerr doimiysi bo‘lib, jismning tabiatiga, uning qiymati to‘lqin uzunligiga va temperaturasiga bog‘liq, L – bosib o‘tilgan yo‘l, YE – elektr maydon kuchlanganligi. Kerr yacheykasi deb ataluvchi qurilmani o‘zaro perpendikular qutblagich va analizator orasiga joylashtirilganda (3.2-rasm), bunday qurilma orqali o‘tayotgan yorug‘lik intensivligi Kerr yacheykasiga berilgan kuchlanganlikning kvadratiga mos ravishda o‘zgaradi.



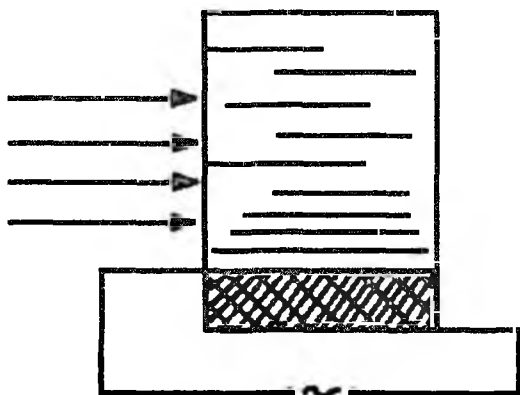
3.2 - rasm. Kerr modulatori.

Kerr modulatorida bir qator izotrop xususiyatga ega bo‘lgan moddalardan foydalanish mumkin. Uning yordamida yorug‘likni $10^9 \div 10^{10}$ Gs chastota bilan modulatsiyalash mumkin. Kerr modulatori $10 \div 50$ kV yuqori kuchlanishda ishlaydi.

Pokkels effektiga asoslangan modulatorlarda bir o‘qli kristallning o‘qi bo‘ylab elektr maydoni qo‘yilganda kristallning simmetriyasi buzilib, u ikki o‘qli bo‘lib qoladi. Pokkels effektida oddiy va odatdagi bo‘lmagan nurlarning fazalari farqi elektr maydoni kuchlanganligi YE ga mos ravishda o‘zgaradi. Kerr effektida YE^2 ga mos ravishda Pokkels modulatorining ko‘rinishi xuddi Kerr - modulatoriga o‘xshash bo‘lib, faqat unda kristallar ammoniy digidrofosfat ($H_4NH_2PO_4$), kaliy digidrofosfat (KH_2PO_4), litiy niobat ($Li Nb O_3$), kaliy titanil fosfat ($KTiRO_4$) qo‘llanilishi bilan farq qiladi. Pokkels modulatorlarining chastotasi qo‘llanilayotgan kristall molekularining kuchlanishlariga bog‘liq bo‘lib, bir necha Gigagersni tashkil qiladi.

Elektrooptik modulorda 100% li modulatsiyani hosil qilishda $1mGs$ modulatsiya chastota kengligi $1-10 mVt$ boshqaruvchi quvvat mos keladi.

Akustooptika modulatorlarining ishlashi muhitda hosil qilingan akustik panjarada yorug'lik to'lqinlarining difraksiyasiga asoslangan. Suyuq yoki qattiq holatdagi muhitda akustik turg'un to'lqin hosil qilinganda, bosim o'zgarishi natijasida muhitning sindirish ko'rsatkichi ham o'zgaradi. Sindirish ko'rsatkichining vaqt bo'yicha davriy ravishda o'zgarishi bunday muhit orqali o'tayotgan yorug'likning fazoviy va vaqtii modulatsiyasini hosil qiladi. Akustooptik modulatorning tuzilishi 3.3 - rasmda ko'rsatilgan. Akustooptik modulatorlar yordamida $10mGs$ chastotagacha modulatsiya qilish mumkin.



3.3 - rasm. Akustooptik modulator.

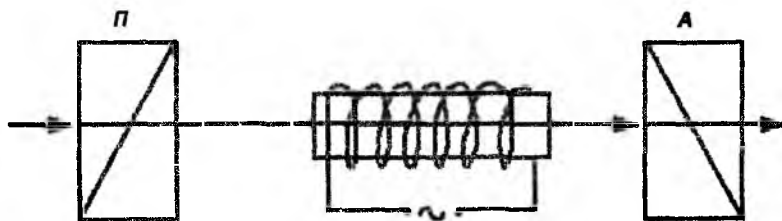
Magnitooptik modulatorlar Faradey effektiga asoslangan. Tabiiy yorug'likdan qutblangan yorug'lik olish uchun yorug'lik to'lqinining yo'nalishiga P - polyarizator (qutblagich) qo'yiladi. *Polyarizator* - tabiiy yorug'likni qutblangan yorug'likka aylantiruvchi qurilma. Polyarizatoridan chiqqan nur A - analizatorga kelib tushadi. Bu yerda A polyarizator xususiyatiga ega bo'lgan qurilma

bo'lib, numi qutblangan yoki qutblanmaganligini tahlil qilishda qo'llaniladigan qurilma (3.4 - rasm).

Ba'zi bir moddalarning kuchli magnit maydonda magnit kuch chiziqlari bo'yicha tarqalayotgan yorug'lik qutblanish tekisligini burish xususiyati *Faradey effekti* deyiladi. Burilish burchagi:

$$\theta = V_B L B$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda V_B – Verde doimiysi bo'lib, bu koeffitsiyent moddaning fizik xossalariga, uning temperaturasiga va moddaga tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq, L – yorug'likning muhitda tarqalish uzunligi, B – magnit maydon induksiyasi. Magnit maydonida chiziqli qutblangan yorug'likning qutblanish tekisligini burishni quyidagicha tushuntiriladi. Chiziqli qutblanishni chap va o'ng doira bo'ylab qutblangan yorug'likning yig'indisi sifatida ko'rish mumkin. Magnit maydoni ta'sirida muhitda qarama - qarshi doira bo'ylab qutblangan yorug'likning tarqalish tezligi har xil bo'lib qolishi natijasida qutblanish tekisligining burilishi yuz beradi. Modulator sifatida Verde doimiysi katta bo'lgan moddalardan temir ittriy granat ($Y_3Fe_3O_{13}$) keng qo'llanilmoqda.



3.4 - rasm. Magnitooptik modulator.

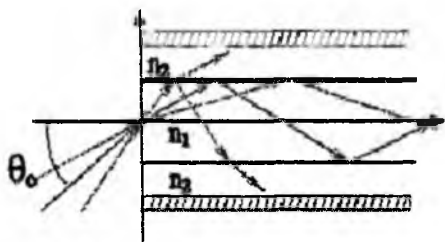
Bunday modulatorlarda 200 mGs modulatsiya chastotasiga **erishilgan**. Modulatsiyalangan yorug'lik modulatordan yorug'likni **qabul qiluvchi** qurilmaga optik aloqa tizimi orqali uzatiladi. Optik

aloqa tizimi sifatida atmosfera yoki yo‘nalgan yorug‘likni uzatuvchi qurilmalar xizmat qilishi mumkin.

Aloqa tizimi sifatida atmosfera qo‘llanilgan tizimlar ochiq optik aloqa tizimi nomini olgan. Ochiq aloqa tizimi informatsiyani faqat bir necha km masofagagina ishonchli ravishda uzatish imkonini beradi. Lekin ochiq aloqa tizimlari Yer va kosmos orasida aloqa o‘rnatishda ahamiyatlidir. Masalan, lazer nurlanishi yordamida informatsiyani 10^8 km masofaga 10^5 bit/s informatsiya tezligi bilan uzatish mumkin.

Fazoda optik aloqa o‘rnatish uchun diametri $20 \div 40$ mkm bo‘lgan shishatolalar - optik to‘lqin uzatgichlar keng qo‘llanilmoqda. Optik tolaning kesimi 3.5 - rasmda ko‘rsatilgan. Tola ikki qavat shishadan tashkil topgan bo‘lib, uning ichki qavati sindirish ko‘rsatkichi tashqisidan kattadir $n_1 > n_2$. Tolaga θ burchak ostida tushayotgan yorug‘lik ikki shisha muhit chegarasida to‘la ichki qaytish natijasida ko‘p marta qaytib tolaning ikkinchi uchidan o‘z energiyasini deyarli yo‘qotmagan holda chiqadi. *To‘la ichki qaytish* - bu ikki shaffof muhitning bo‘linish chegarasidan to‘lqinlar qaytganda singan to‘lqinning to‘liq mavjud bo‘lmasligidir. Energiya yo‘qotishlari bunda faqat tolaning moddasida yorug‘likning yutilishi natijasida yuz beradi. Germaniy, fosfor va bor (*Ge, R, V*) elementlari qo‘shilgan kvarts shisha tolalarda yo‘qotishlar 1 dB/km bo‘lishiga erishilgan. Bunday optik to‘lqin uzatgichlar informatsiyani 10^7 - 10^8 bit/s tezlik bilan 100 km masofagacha uzatishga imkon beradi.

Uzoqroq masofaga bunday tolalar yordamida informatsiyani uzatish uchun har 100 km ga optik signalni kuchaytiruvchi retranslyatorlar (kuchsiz signallarni kuchaytirib uzatuvchi qurilma) qo‘yiladi. Optik tolalarning aloqa tizimlarida qo‘llanilishi uzatish simlari uchun ishlatiladigan rangli metallarni tejaydi. Optik tola yengil, ixcham bo‘lib, tashqi elektromagnit maydonning ta‘siriga uchramaydi. Hozirgi kunda internet tizimida, mobil telefonlarda aloqa optik tolalar yordamida amalga oshiriladi.

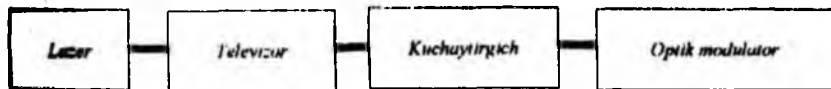


3.5- rasm. Optik tolaning kesimi.

Yorug'lik signalini qayd qilish uchun ichki va tashqi fotoeffekt asosida ishlovchi fotoqabulqilgichlar qo'llaniladi. Mazkur qurilmalar yorug'likning eltuvchi chastotasida yuqori sezgirlikka, modultatsiya chastotasidan yuqori bo'lgan chastotaviy xarakteristikaga ega bo'lishi kerak.

Tashqi fotoeffektga asoslangan qurilmalardan keng tarqalgan fotoelektron ko'paytirgichlar (*FEK*) bo'lib, ular fototokni $10^5 \div 10^7$ marta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega. *FEK* larning qabul qilish chastotalari kengligi 100 MGs ga yetadi. Ichki fotoeffekt asosida ishlovchi optik detektorlar sifatida hozirgi vaqtda fotoqarshiliklar, fotodiod, fototranzistorlar va ko'chki fotodiodlar keng qo'llanilmoqda. Ularning hammasida yorug'likning yutilishi natijasida elektron - kovak jufti hosil bo'ladi. Natijada yorug'lik signali mos ravishda o'zgaruvchi elektr signaliga aylantiriladi.

Hozirgi vaqtda optik kanal bo'ylab televizion tasvirni uzatuvchi bir necha qurilmalar yasalgan. Eng birinchi lazer televizion qurilma sanoatda chiqariluvchi tayyor uskunalardan yig'ilgan. Uning tuzilish blok sxemasi 3.6 - rasmda ko'rsatilgan.

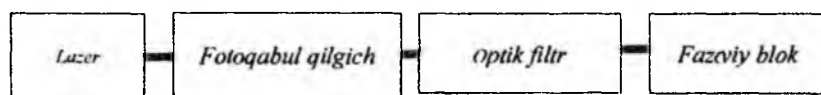


3.6 - rasm. Lazer televizion qurilma tuzilishi.

Lazer televizion qurilma - lazer, televizor, kuchaytirgich, optik filtr modulordan tashkil topgan. Televizioning tasvirni kuchaytiruvchi qurilmadan olingan signal kuchaytirilib, modulorga beriladi. Modulator berilgan signalga mos ravishda lazer nurlanishini amplitudaviy modulatsiyalaydi. Lazer nurlanishi uzatgich qurilma yordamida kam tarqaluvchi yorug'lik dastasiga aylantirilib uzatiladi va parabolik ko'zgu sifatidagi optik qabul qilgich orqali qabul qilinib, fotoelektron kuchaytirgichga tushadi. FEK da elektr signaliga aylantirilgan yorug'lik signali kuchaytirgich orqali televizioning kirish qismiga beriladi. Mazkur qurilmada uzatilgan tasvirning tiniqligi oddiy televiziondagi tiniqlikdan ustundir. Qurilmada Pokkels effekti asosida ishlovchi kristalli elektrooptik modulator qo'llanildi. Modulorga kiruvchi lazer nurlanishi dastasi diametri 1mm bo'lganda, modulatsiyalash uchun 18V kuchlanish yetarli bo'ladi.

Keyingi tadqiqotlarda lazer nurlanishi orqali bir vaqtda beshta televizion tasvir uzatildi. Bunda optik qabulqilgich sifatida kremniy fotodiodi qo'llanildi. Tasvirni uzatish $66-75$, $76-82$, $182-186$, $198-204$, $210-216\text{MGs}$ kanallarda amalga oshirildi.

Lazer nurlanishi yordamida tasvirni uzatuvchi televizion kameraning blok sxemasi 3.7- rasmda ko'rsatilgan.



3.7- rasm. Lazer televizion kamerani blok sxemasi.

Mazkur qurilma lazer nurlanishi orqali bir vaqtda televizion tasvir, musiqa va raqamli informatsiyani uzatish imkonini berdi. Qurilma argon lazer, foto qabulqilgich, optik filtr, nurlanishi fazoviy holatini o'zgartiruvchi blokdan tuzilgan. Televizion tasvirni hosil qilish tasviri hosil qilinayotgan jismlar fazoviy holatini aylanayotgan prizmalar yordamida ikki o'zaro perpendikular o'qlar bo'yicha o'zgartirayotgan lazer nurlanishi tomonidan amalga oshiriladi. Gorizontial o'q bo'yicha lazer

nurlanishni yoyish uchun 60000 min^{-1} tezlik bilan aylanuvchi 16 qirrali prizma qo'llanildi. Nurlanishning vertikal o'q bo'yicha harakatida esa 1500 min^{-1} tezlik bilan aylanuvchi 26 qirrali prizmadan foydalanildi. Bu ikkala harakat natijasida bir sekunda 60 ta tasvirni almashtirish imkoniyatiga ega bo'lindi. Tasviri hosil qilinayotgan jismlardan qaytgan lazer nurlanishi optik qabulqilgich orqali televizorga berilib, tasvirni hosil qiladi.

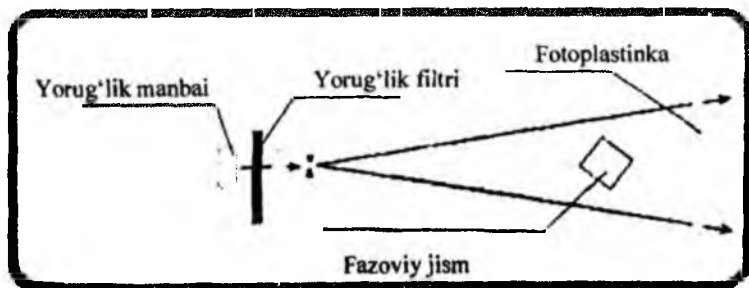
3.2. Golografiya



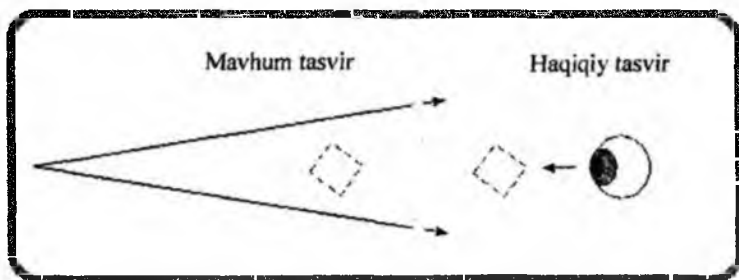
Gabor Denis (1900-1979 yy)

Golografiya – yorug'lik interferensiya vositasida jismlarning uch o'lchamli - hajmiy tasvirini hosil qilish usulidir. Golografiya so'zi – yunoncha *xolos* to'la, *grapho* – yozaman so'zlardan tuzilgan. Golografiya asoslari 1948-yilda Gabor Denis (angliyalik olim) tomonidan taklif qilingan (Bu ishi uchun 1971-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'lgan). Gabor elektron mikroskoplarning ajratish

qobiliyatini oshirish uchun elektron to'lqinlarning faqatgina amplitudasinigina emas, fazasini ham qayd qilishni taklif qilgan.



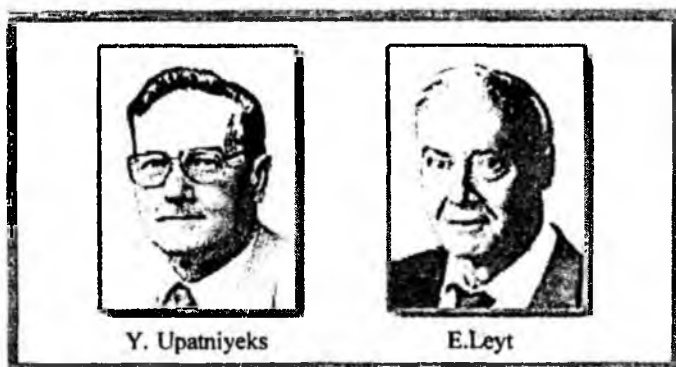
3.8- rasm. D. Gaborning gologramma yozish sxemasi.

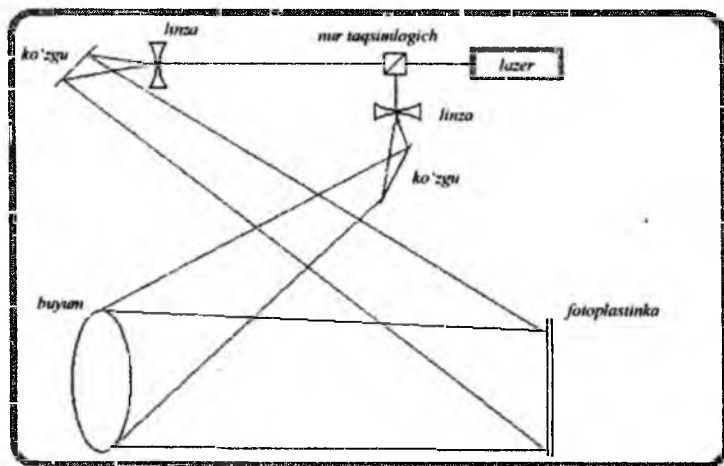


3.9-rasm. D.Gabor gologrammasini qayta tiklash sxemasi.

Buning uchun jismdan qaytgan nurni tayanch kogerent to'liq bilan ustma - ust tushirildi. Gaboring tajribalari golografiyaga asos soldi Lekin yuqori intensivlikka ega bo'lgan kogerent manbalarning mavjud emasligi sifatli golografik tasvirlarni hosil qilishga imkoniyat bermadi. Yuqori intensivlikka ega kogerent manba - lazerning kashf etilishi golografiyaning rivojlanishi va keng qo'llanilishiga olib keldi. 3.8 va 3.9 - rasmlarda gologrammani yozish va qayta tiklash sxemasi berilgan.

Gologrammalarni hosil qilishda lazer nurlanishdan foydalanishni 1962 - 1963-yillarda amerikalik olimlar E.Leyt va Y.Upatniyeks taklif etdilar (3.10-rasm).





3.10 - rasm. E. Leyt va Y.Upatniyeksk taklif qilgan usul asosida gologramma yozish sxemasi.



Yu.N.Denisyuk
(1927-2006 yy)

Gologramma – buyum va tayanch to‘lqinlarning qo‘shilishidan vujudga keluvchi va fotometriyada qayd qiluvchi interferensiya manzarasidir.

Yu.N.Denisyuk (1968 y.) birinchi bo‘lib uch o‘lchamli muhit gologrammasini yozib olish imkoniyatini ko‘rsatdi. Golografiyani tushunish uchun avval jismlarning fotografik tasvirini hosil qilishni ko‘rib chiqaylik. Biror jismning fotografik tasvirini hosil qilishda uning

aniq tasvirini fotoemulsiya tekisligiga tushiriladi. Buning uchun yilg‘uvchi linza - obyektiv qo‘llaniladi. Fotoemulsiyaga jismning yorug‘roq qismidan ko‘proq yorug‘lik, qorong‘ulik (qoraroq) qismidan kamroq yorug‘lik tushishi natijasida yorug‘lik manzariga asosan jismning teskari tasviri - negativ hosil bo‘ladi (qismining qora qismi negativda oq, oq qismi qora ko‘rinishga ega bo‘ladi). Boshqacha so‘z bilan aytganda, jismning tasvirini hosil

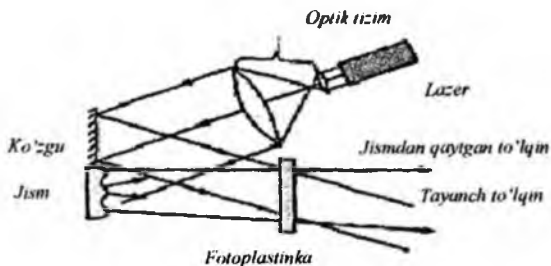
qilishda (xuddi ko'z bilan ko'rishdagidek) qaytgan yorug'likning amplitudaviy qiymati qayd qilinadi. Jism 25m dan uzoqda joylashganda fotoemulsiya tekisligida tasvirni hosil qilish uchun obyektiv (linza) bilan fotoemulsiya orasidagi masofa o'zgartiriladi. Arap jism yassi bo'lmasa, uning turli nuqtalari obyektivdan turli masofada joylashgan bo'ladi va emulsiyada jismning obyektivdan teng masofalarda yotgan nuqtalarigina aniq tasvirga ega bo'ladi. Boshqa nuqtalarning tasviri xira, yoyilgan bo'ladi.

Uch o'lchamli - hajmiy jismlarning tasvirini hosil qilish uchun obyektivning yorug'lik o'tkazuvchi qismi diafragma yordamida kichraytiriladi. Bunda obyektiv fokusi chuqurligi ortadi va hajmiy jismning yetarlicha aniq tasviri hosil bo'ladi, lekin tasvir yassi ko'rinishda bo'ladi. Hajmiy tasvirni jismning tabiiy ko'rinishiga yaqinlashtirish uchun stereofotografiyadan foydalaniladi. Bunda jismning surati orasidagi masofa insonning ikki ko'zi orasidagi masofaga teng masofada joylashtirilgan ikki kamera yordamida olinadi. Har bir kamera jismning o'zi turgan nuqtadan ko'rinishini suratga oladi. Olingan suratlar stereoskopga joylashtirilganda chap ko'zimiz chap kamera olgan suratni, o'ng ko'zimiz o'ng kamera olgan suratni ko'rishi va bu suratlar tasviri miyamizda ustma - ust tushishi natijasida jismning tasviri deyarli tabiiy ko'rinishga yaqin bo'ladi.

Golografiyada fotografiya yoki stereofotografiyadagidek jismning tasviri emas, jismdan qaytgan yorug'lik to'lqinining tuzilishi qayd qilinadi. Shuning uchun gologrammani olishda hech qanday obyektiv, fokuslovchi ko'zgular qo'llanilmaydi.

Gologrammani hosil qilishning eng oddiy sxemasini ko'rib chiqaylik (3.11- rasm).

Yassi kogerent nurlanishning bir qismi yassi ko'zgudan qaytib tayanch nurni hosil qiladi. Jismdan qaytgan nur esa jism nurini hosil qiladi. Jism nuri va tayanch nur kesishgan joyga fotoplastinka joylashtiriladi va fotoemulsiyada tayanch va jism nurlari ustma - ust tushishi natijasida hosil bo'lgan interferension manzara qayd qilinadi. Fotoplastinka kimyoviy eritmalarda qayta ishlangandan keyin unda qorong'u va yorug' yo'lchalar, chiziqlar hosil bo'lganini ko'ramiz.

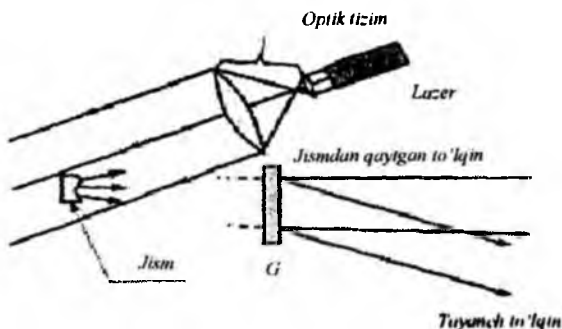


3.11 - rasm. Gologrammani hosil qilish sxemasi.

Mazkur hosil bo'lgan tasvir *gologramma* deyiladi. Gologramma jismdan qaytgan yorug'likning amplitudasi va fazasini o'zida mujassamlantirgan bo'ladi.

Qayta ishlangan gologrammani oddiy yorug'lik manbalarida kuzatganimizda jismini eslatadigan hech qanday tasvirni ko'rmaymiz.

Gologrammadan tasvirni hosil qilish *tasvirni qayta tiklash* deyiladi. Tasvirni qayta tiklash sxemasi 3.12 - rasmda keltirilgan.



3.12 - rasm. Tasvirni qayta tiklash sxemasi.

Tasvirni qayta tiklash uchun gologramma tayanch nur bilan yoritiladi. Bunda tayanch nurga nisbatan ma'lum burchak ostida

jismning tasviri hosil bo'ladi. Kuzatuvchi jismni fazoda muallaq turgan holda ko'radi. Tasvirni gologramma o'lchamlari bilan chegaralangan holda turli holatlarni kuzatish mumkin. Bunda biz jismning o'zini aylanib ko'rganda qanday tasvir o'zgarishini ko'rsak, gologrammani kuzatganda ham shuni ko'ramiz. Misol uchun biror jism boshqa jismlar tomonidan berk bo'lsa, boshqa holatda jismning o'sha qismi ochiq ekanligini ko'rish mumkin. Tayanch va jism to'lqinlari uchrashgan fazoda turg'un to'lqinlar hosil bo'ladi. Uchrashayotgan to'lqinlarning fazalari bir xil bo'lgan nuqtalarda maksimum, qarama - qarshi fazada bo'lgan nuqtalarda minimumlar yuz beradi.

Interferension manzaraning fazoviy chastotasi (birlik uzunlikda necha maksimum va minimumlar joylashishini ifodalovchi qiymat) tayanch va jism to'lqinlarining uchrashish burchagi α va to'lqin uzunligi λ ga bog'liq bo'ladi:

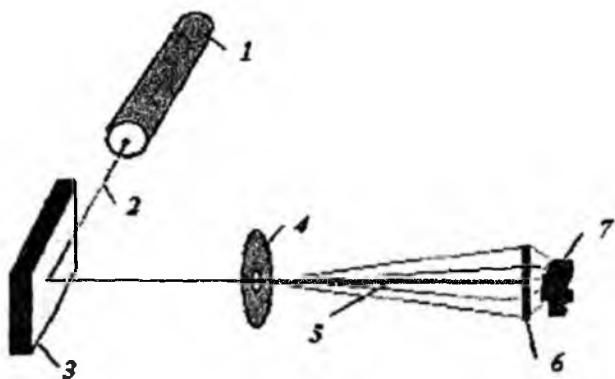
$$v = \frac{2\sin \frac{\alpha}{2}}{\lambda}$$

D. Gabor taklif etgan sxemada tayanch nuri va jism gologramma o'qida joylashgan. Bunday sxema uchun α ning qiymati nolga yaqin va juda kichik qiymatga egadir. Bunday gologrammalar bir nurli gologramma nomini olgan, chunki bunda nurning bir qismi tayanch nur boshqa jism nurini hosil qiladi.

Leyt va Upatniyekts og'ma tayanch nuri alohida shakllanadi (shuning uchun bu metod ikki nurli gologramma nomini olgan). Ikki nurli gologramma uchun v ning qiymati ancha katta va bu usulda yuqori ajrata olish qobiliyatiga ega fotoplastinkalardan foydalaniladi.

Tayanch va jism nurlari fotoplastinkaga ikki tomondan tushadigan usul qarama - qarshi nurlar usulini olgan. Mazkur usul $\alpha = 1800$ qiymatga, ya'ni eng katta qiymatga egadir. Qarama-qarshi nurlar usulida interferension maksimumlar fotoplastinka sirtiga parallel tekisliklarda fotoemulsiya qatlamida joylashgan

bo'ladi. Denisyuk taklif qilgan sxema asosida gologrammani yozib olish 3.13-ramda ko'rsatilgan.



3.13-rasm.

1- lazer, 2- lazer nuri, 3- ko'zgu, 4- linza, 5- kengaytirilgan nur, 6- fotoplastinka, 7- jism.

Fotoemulsiya qatlami qalinligi δ hosil bo'lgan interferension maksimumlar orasidagi masofa d dan juda katta bo'lganda bunday gologrammalar hajmiy gologramma deyiladi. Agar $\delta \approx d$ bo'lsa, bunday gologramma yassi gologramma deyiladi. Hajmiy gologramma uchun $\delta \geq 1,6 \cdot d^2/\lambda$ shart bajarilishi kerak.

Fotoplastinkaga yozib olingan gologramma uzoq vaqt davomida o'z xususiyatini saqlaydi. Tasvirni qayta tiklash jarayoni uni yozib olish jarayoni bilan bog'liq emas, bunday gologrammalar statsionar gologrammalar deyiladi. Lekin shunday muhitlar mavjudki, ular yoritilganlikning fazoviy va amplitudaviy o'zgarishlarini darhol sezish va qayd qilish xususiyatlariga ega. Bunday muhitlarga bo'yoq moddalar, kristallar, metall bug'lari misol bo'la oladi. Mazkur muhitlarda gologrammani yozib olinganda, gologramma faqat yozib olish jarayonida mavjud bo'ladi, demak, gologrammani qayd qilish (tasvirni qayta tiklash) yozish jarayoni bilan bir vaqtda olib boriladi. Bunday gologramma

– *dinamik gologramma* nomini olgan. Dinamik gologrammalar EHM ning katta tezlikda ishlovchi 10^{-12} s logik elementlari, golografik eslab qoluvchi qurilmalarini hosil qilishda, tez o'tuvchi jarayonlari qayd qiluvchi qurilmalarida, golografik lazerlarda va boshqa sohalarda keng qo'llaniladi.

Gologrammalarning xususiyatlari. Yuqorida aytilganidek, gologramma jism sirtidan qaytgan to'lqinning ham amplitudasi, ham fazasini qayd qiladi. To'lqin amplitudasi haqidagi informatsiya interferensiyalar manzaraning yorqinligi, fazasi haqidagi informatsiya va shakli sifatida qayd qilinadi. Gologramma uchun negativ yoki pozitiv (haqiqiy) tushunchasi o'rinli emas, chunki negativ yoki pozitiv gologramma yoritilganda ham pozitiv tasvir hosil bo'ladi. Buning sababi shundaki, amplituda haqidagi informatsiya interferensiyalar yo'lchalar yorqinligi orqali ifodalanadi. Negativ yoki pozitivdagi yorqinlik bir xil bo'lgani uchun ikkala hol ham qayta tiklashda bir xil tasvirni beradi. Negativ pozitiv bilan almashtirilganda fazaning siljishi ro'y beradi, bu esa tasvirni ko'z bilan ko'rishda sezilmaydi. Gologramma yozib olinayotganda jismning har bir nuqtasidan qaytgan yorug'lik gologrammaning butun sirtiga tushsa, gologrammaning har qanday kichik qismi jismning to'la tasvirini tiklash imkonini beradi. Demak, gologrammani bir necha bo'lakka bo'lganda uning har bir bo'lagi yordamida jismning tasvirini hosil qilish mumkin. Gologramma juda kichik bo'laklarga bo'linganda qayta tiklangan tasvir aniq bo'lmay xiraroq yoyilgan bo'lishi kuzatiladi.

Fotografiya usulida yoritilganliklarining farqi bir necha yuz martagacha farq qiluvchi hollarni suratga olish mumkin. Yoritilganliklari ko'proq farq qiluvchi hollarni suratga olinganda fotoemulsiyada to'yinish ro'y berishi kuzatiladi. Gologramma yoritilganliklari bir necha yuz ming farq qiluvchi jismlarning tasvirini hosil qilish imkonini beradi. Gologrammani ajratib olish qobiliyati aksariyat hollarda fotoemulsiyaning ajrata olish qobiliyati bilan chegaralangan. Fotografik usulda hosil qilingan gologramma 3.14 - rasmda berilgan.



3.14-rasm. Fotografik usulda olingan gologramma.

Gologrammani qayd qiluvchi moddalar. Gologramma qayd qilinadigan interferensiyon yo'nalchalarning orasidagi masofaning eng katta qiymati $\lambda/2$ ga tengdir. Yorug'likning o'rtacha to'lqin uzunligi $\lambda \approx 0,5 \text{ mkm}$ uchun interferensiyon yo'nalchalar bir - biridan $\lambda \approx 0,25 \text{ mkm}$ masofada joylashgan. Bunday manzarani qayd qiluvchi moddalar bir millimetrda bir necha ming chiziqni farq qilish xususiyatiga ega bo'lishi kerak.

Boshqacha so'z bilan aytganda, gologrammani qayd qiluvchi moddaning ajrata olish qobiliyati bir millimetrga bir necha ming chiziq bo'lishi kerakdir. Golografiyada qayd qiluvchi moddalar sifatida fotomateriallar qo'llaniladi. Fotoemulsiya shaffof jelatin asosiga kiritilgan kumush va brom (*Ag, Br*) zarralardan iboratdir. Yorug'lik ta'sirida kumush (*Ag*) tiklanib, uning zarralari qorayib qoladi. Shuning uchun ishlangan fotoemulsiya mikroskop ostida qaralganda, uning alohida zarralardan iboratligi ko'rinadi. Agar qayd qilinayotgan interferensiyon yo'nalchalar fotoemulsiya zarralaridan kichik bo'lsa, bir zarra yuzasiga bir necha yo'nalcha joylashib, ularni bir - biridan ajratib bo'lmasligi mumkin. Shuning uchun, fotoemulsiya zarralari qancha kichik bo'lsa, uning ajrata olish qobiliyati shuncha ortib boradi. Zarralar o'lchami sezgirlikni kamaytiradi. Shuning uchun ham sezgir, ham yuqori ajrata olish

qobiliyatiga ega fotomateriallar tayyorlash birmuncha murakkabdir. Hozirgi vaqtda yuqoridagi talablarga javob beruvchi yuqori sezgirlikdagi fotoplastinkalari ishlab chiqilgan, ularning ajrata olish qobiliyati bir millimetrga 5000 chiziqdan yuqoridir.

Bundan tashqari, fotoplyonkalar ham qo'llaniladi, ular uchun $\lambda = 3000 \text{ chiziq / mm}$ ga tengdir. Mazkur fotomateriallarning sezgirligi 10^{-2} J/sm^2 qiymatga ega. Fotomateriallarning asosiy kamchiliklari ulardan faqat bir marta foydalanish mumkin.

Gologrammani yozish, o'chirish va yana qayta yozish xususiyatlariga ega bir necha moddalar mavjud, bunga fotoxrom moddalar, suyuq kristallar, termoplastik pardalar misol bo'ladi. Ularga gologramma yozilgandan keyin fotomateriallarga o'xshash kimyoviy ishlashni talab qilmaydilar.

Termoplastinkalarga gologramma yozilishini ko'rib chiqaylik. Termoplastinkalar uncha yuqori bo'lmagan (50°C) haroratlarda yumshaydigan shaffof dielektriklardir. Gologramma termoplastinkaning sirtining relyefi ko'rinishida yoziladi. Gologramma yozish uchun termoplastik shisha asos, yupqa elektr o'tkazuvchan parda, yarimo'tkazgich qatlam va termoplastik qatlamdan iborat bo'lib, hamma qatlamlar yorug'lik uchun shaffofdir. Gologrammani yozish uchun qorong'uda termoplastik sirtini elektr razryadi yordamida bir tekis zaryadlanadi. Bunda termoplastik qatlam va o'tkazuvchan pardadan tashkil topgan kondensator yuzaga keladi. Keyin termoplastik sirtiga jismdan qaytgan to'lqinlar tushiriladi. Yarimo'tkazgich qatlarning yoritilgan qismining elektr o'tkazuvchanligi keskin ortadi va yarimo'tkazgichning bunday qismlarida hosil qilingan kondensator qoplamalari orasidagi masofa kamayadi. Kondensator qoplamalari maydon kuchlanganligi o'zgarmagani uchun, qoplamalar orasidagi masofa o'zgarigan yuzada qoplamalar orasidagi potensiallar ayirmasi pasayadi. Boshqacha qilib aytganda, termoplastikning yoritilgan qismining potensiali pasayadi. Termoplastik yana qaytadan zaryadlansa, uning potensiali hamma qismida bir xil bo'lib qoladi. Termoplastikning yoritilgan qismi ilgarigi potensialini tiklash uchun qo'shimcha zaryad qabul qiladi. Endi termoplastik yumshaguncha qizdirilsa, kulon itarish kuchlari ta'siri

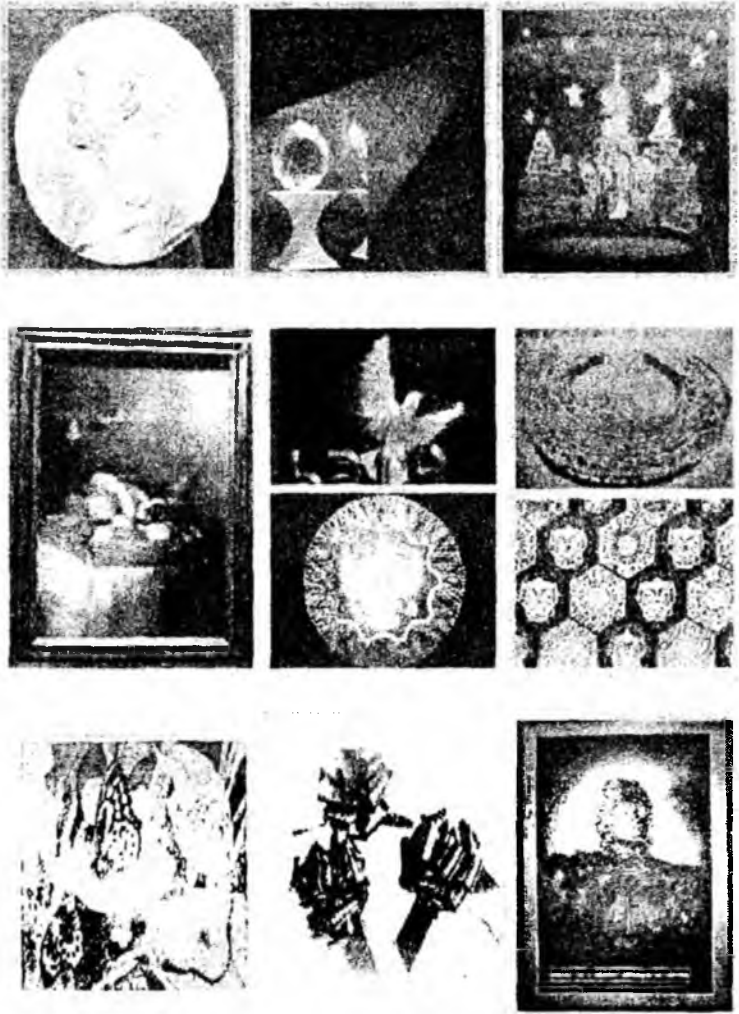
ostida termoplastik deformatsiyaga uchrab uning sirti relyefi interferension manzarani ifodalovchi holatni qabul qiladi (Yoritilgan yo'lashlarga termoplastik sirtining do'ngliklari, qorong'u yo'lashlarga chuqurliklari mos keladi). Mazkur relyef termoplastik sovitilgandan keyin saqlanib qoladi. Termoplastik gologramma yorug'lik uchun shaffofdir. Lekin u orqali o'tayotgan yorug'lik termoplastikaning turli qismlarida turli faza o'zgarishlariga duchor bo'ladi va jism to'lqinining to'lqin fronti tiklanadi. Termoplastikalarning ajrata olish qobiliyati 1000 chiziq/mm ni tashkil qiladi, sezgirligi $10^{-3} J/sm^2$ ga tengdir.

Golografiyada qo'llaniladigan yorug'lik manbalari. Gologrammani yozib olishda qo'llaniladigan yorug'lik manbalari yuqori kogerentlik va ravshanlikka ega bo'lishi kerak. Yorug'likning vaqtii kogerentligi qancha yuqori bo'lsa tayanch va jism to'lqinlarining optik yo'llari farqi L interferension manzaraning yorqinligi saqlangan holda shuncha katta bo'ladi. L ning qiymati yorug'likning spektral chizig'i kengligi $\Delta\lambda$ ga bog'liq bo'lib, $L = \lambda^2 / \Delta\lambda$ ga tengdir. Yuqori vaqtii kogerentlik va uzluksiz maromda nurlanuvchi geliy - neon ($\lambda = 632,8nm$) va argon ($\lambda = 488 nm, 514,5 nm$) lazerlari qo'zg'almas jismlar gologrammasini yozib olishda qo'llaniladi. Tez sodir bo'luvchi jarayonlar gologrammasi impuls maromida ishlovchi yoqut ($\lambda = 694, 3 nm$) lazeri nurlanishi vositasida yozib olinadi.

Golografiyaning qo'llanilishi. Gologrammani tiklash natijasida hosil bo'lgan tasvir xuddi haqiqiy jismni ko'rayotgandek tasavvur hosil qilamiz. Gologrammaning o'lchami bilan chegaralangan turli holatlarda jismni kuzatish mumkin bo'ladi. Gologrammani kuzatish kichik darcha orqali jismni kuzatish imkonini beradi. Gologrammani kuzatish kichik darcha orqali jismni kuzatish tasavvurini beradi. Darcha oldida o'z holatimizni o'zgartirsak, jismni boshqa burchak ostida ko'ramiz.

Gologrammaning bunday xususiyatlari yangi yo'nalish - **obidalarining golografik nusxalarini hosil qilishning yuzaga kelishiga asos bo'ldi.**

Quyida turli sohalarga tegishli golografik usul bilan olingan gologrammalari keltirilgan (3.15-rasm).

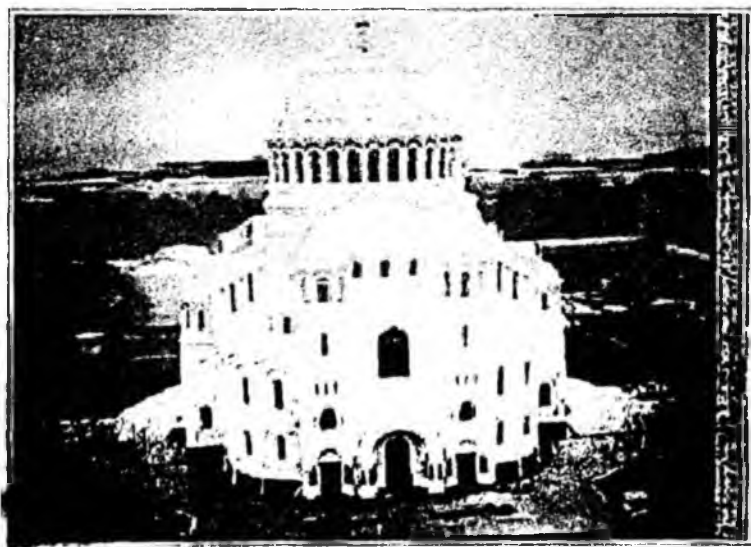


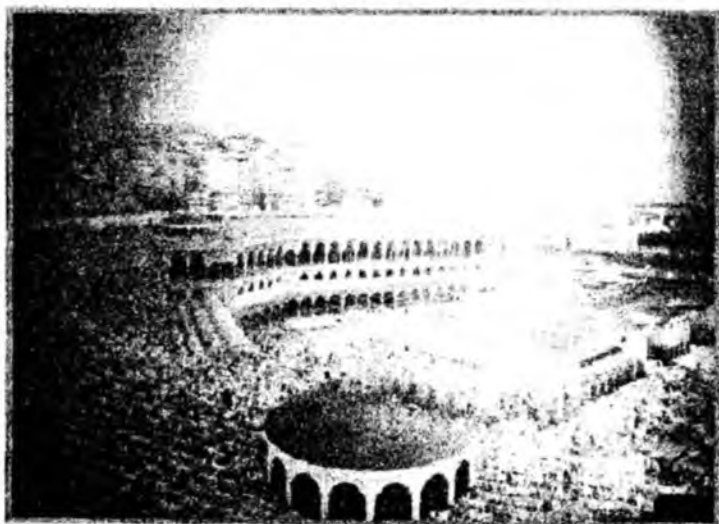
3.15-rasm. Turli sohalardagi gologrammalar.

Bu gologrammalar Denisyuk usuli bilan yozib olingan bo'lib, ularni tiklash uchun oddiy yorug'lik manbalari quyosh nuri, lyuminessent lampa nuri qo'llaniladi.

Tiklangan gologramma jismning faqat tasvirinigina emas, rangini ham aks ettiradi. Olingan gologrammalar o'lchami $60 \times 80 \text{ sm}$ ni tashkil qiladi. Buning natijasida qimmatbaho san'at obidalarining nusxalarini dunyoning hamma nuqtalarida ko'rish imkoniyati yaratildi (3.16- rasm).

Agar gologrammani ma'lum ketma - ketlikda yozib olib, shu ketma - ketlikda almashinishini ta'minlasak, biz harakatdagi - jonli jismlarning gologrammasi - golografik kinoni hosil qilamiz. Bunday kinoni ko'rgan odamda, xuddi o'zi yuz berayotgan hodisalarda ishtirok etayotganligi tasavvuri paydo bo'ladi. Kino uchun qo'llaniladigan gologramma ko'plab odamlar ko'rishi uchun juda katta o'lchamga ega bo'lishi kerak. Bunday gologrammalarning tez almashinishini ta'minlash kerak bo'ladi. Hozirgi vaqtda olimlar golografik kino va televideniye ustida tadqiqotlar olib bormoqdalar.





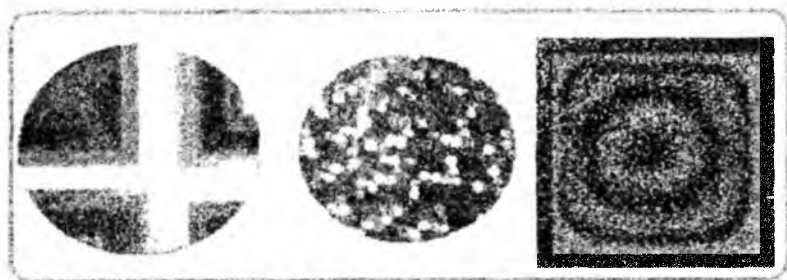
3.16-rasm. Denisyuk usuli bilan olingan gologrammalar.

Gologrammalar asosida golografik eslab qoluvchi qurilmalar paydo qilingan. Golografik eslab qoluvchi qurilmalarda informatsiya turli ko'rinishda (tasvir sifatida, alfavit - raqamlar vositasida) yassi, hajmiy, amplitudaviy yoki fazaviy gologramma sifatida yozilishi mumkin. Golografik eslab qoluvchi qurilmalar yuqori xotirlash zichligi 10^5 bit/mm² ga ega bo'lib, bu jihatdan magnit eslab qoluvchi qurilmalarga nisbatan ustunlikka egadir. Hajmiy gologrammalarni yozib olish uchun elektrooptik kristallar $LiNbO_3$, $Sr_0.25 Nb_2O_5$ qo'llaniladi. Hajmiy gologrammalar asosidagi eslab qoluvchi qurilmalar $10^{10} - 10^{11}$ bit eslab qolish qobiliyatiga ega. Hajmiy gologrammada bir geometrik hajmda turli informatsiya yozilishi mumkin. Har bir informatsiyaga tayanch va jism nurlarining o'z yo'nalishlari mos keladi. Gologrammani tiklash uchun uni yorituvchi nurga nisbatan buriladi. Tiklovchi numing yo'nalishi, gologrammani yozishda qo'llangan tayanch numing biror yo'nalishiga mos kelganda, shu yo'nalishda yozilgan informatsiya tasviri hosil bo'ladi. Golografik xotira qurilmalariga informatsiyani yozib va "o'qib" olish uchun lazer nurining akustooptik yoki elektrooptik vositalar yordamida o'z yo'nalishini tez o'zgarishi ta'minlanadi. Bir yo'nalishdagi informatsiyani "o'qib" ikkinchisiga o'tish uchun juda kichik vaqt intervali 10^{-1} s kerak bo'ladi. Tiklangan tasvir yorug'likka sezgir bo'lgan ekran (masalan suyuq kristall ekran) ga yo'naltirilib uni elektr signaliga aylantiriladi. Golografik xotira qurilmalari tez ishlovchi optik hisoblash mashinalari tadqiq qilishda katta ahamiyatga egadir. Harakatdagi jismlarning gologrammasi impuls lazerlar vositasida yozib olinadi. Davomiyligi 20 ns bo'lgan yoqut lazeri nurlanishi uchib ketayotgan o'q, suyuqlik va gazlar oqimining harakati, uchayotgan hasharotlarning gologrammasini hosil qilish imkoniyatini berdi. Gologrammalarni tiklashda geliy - neon lazeridan foydalaniladi. Impuls gologrammalar gaz va suyuqlik oqimlaridagi tez sodir bo'ladigan hodisalarni tadqiq qilish imkonini berdi.

Golografik interferometriya jismlar sirtining deformatsiyasini, shayvandlangan sifatini tekshirish, jismlarda kuchlanish ta'sirida

yoriiqlar hosil bo'lishini tekshirishda, juda kichik (bir necha mikron) siljishlarni o'lchashda qo'llaniladi.

Golografik interferometriyaning eng oddiy usuli ikki marta gologramma yozib olish usulidir. Bunda birinchi marta hech qanday ta'sirga uchramagan jism gologrammasi, ikkinchisida ta'sir ostidagi (deformatsiyalangan, qizdirilgan), gologrammasi yozib olinadi (3.17-rasm).



3.17-rasm. Deformatsiyalangan jismning gologrammasi.

Ikki qayta yozilgan gologrammani tiklanganda jismning tasviriga interferensiyon yo'lchalar ustma - ust tushgan bo'lib, ularning ko'rinishi jismning tashqi ta'sir ostida qanday o'zgariganini ifodalab beradi.

Golografik interferometriyaning boshqa usulida tayanch nuri jismning o'zini yoritadi. Ulardan qaytgan nurlar interferensiyon manzarani hosil qiladi. Mazkur usul jismlarni "asl - haqiqiy" jism bilan solishtirishda juda qo'l keladi. Masalan, minglab suratlar orasida bizga kerakli suratni shu usul bilan "tanib" ajratib olishimiz mumkin.

Akustik va radiogolografiya. Golografik usul – to'liqlarning amplituda va fazasini yozib olishda tovush, ultratovush va radioto'liqlar uchun ham qo'llash mumkin. Mazkur usul tovush, ultratovush to'liqini maydonining tasvirini hosil qilishga imkon beradi.

Optik golografiyaning rivojlanishi kerakli kogerent yorug'lik manbalari mavjud bo'lmaganligi natijasida 15 yilga kechikkan

bo'lsa, ultratovush golografiya uchun hamma tajriba imkoniyatlari yetarli edi. Deyarli hamma ultratovush manbalari - kogerent manbalar bo'lib, mavjud mikrofon va gidrofonlar tovush to'liqlarining fazasi va amplitudasini qayd qilish imkonini beradi. Akustik gologrammani yozib olish uchun bir tovush generatoridan ishlovchi ikkita ultratovush manbai qo'llaniladi. Ulardan birining to'liqlari jismga tushiriladi. Jismdan qaytgan to'liq ikkinchi manba to'liqini bilan uchrashadi. Ularning interferensiyasi natijasida suyuqlik sirtida interferension manzarani takrorlovchi relyef hosil bo'ladi. Suyuqlik sirti relyefining o'zgarmas (vaqt bo'yicha) tashkil qiluvchisi akustik gologrammadir. Uni suratga olinsa gologramma yozib olingan bo'ladi. Mazkur gologrammaga lazer nurlanishi yo'naltirilsa jismning tovush to'liqini vositasida yozib olingan tasviri hosil bo'ladi.

Ultratovush golografiyasi optik shaffof bo'lmagan muhitlarning ichini ko'rish imkonini beradi. Ultratovush golografiyasi dengiz tubi relyefi, yer qa'ridagi foydali qazilmalarni o'rganishda, arxeologik, tibbiyotda katta ahamiyatga egadir. Bu usul bilan Xeops piramidasi ichki qismida bo'shliq mavjud ekanligi aniqlangan. *

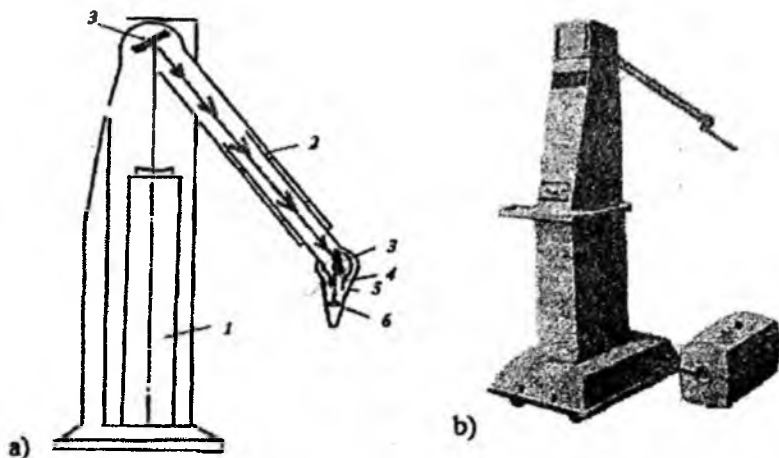
Shuningdek, ultratovush golografiyasi insonning ichki organlarini o'rganish imkonini yaratdi.

3.3. Lazerlarning tibbiyotda qo'llanilishi

O'tgan asrning 60 - yillarning ikkinchi yarmidan boshlab jarrohlikda skalpel tarzida lazer nuri ishlatila boshlandi. Lazer skalpeli deganda nima tushuniladi va uning o'ziga xos qanday xususiyatlari bor?

Jarrohlik xonasida jarrohlik stol bilan bir qatorda lazer qurilmasi ham joylashtiriladi. Tibbiyotda ko'p hollarda uzluksiz jarrohlikda ishlovchi quvvati bir necha o'n vatt bo'lgan SO_2 - lazeridan foydalaniladi. Lazer nurlanishi egiluvchan yorug'lik shaklida tashqariga tushadi. Bir necha yordamchi qurilmalar vositasida u o'z qurilmalariga o'tib, undan keyin intensiv yorug'lik shaklida tashqariga chiqadi. Operatsiya vaqtida jarroh

chiqish trubkasini qo'lida ushlab, uni fazoda lozim bo'lgan yo'nalishlar bo'yicha erkin ko'chira oladi. 3.18-rasmda tibbiyotda qo'llaniladigan lazer qurilmasining sxemasi tasvirlangan.



3.18 - rasm. Skalpel – 1.

Qurilmaning sxematik ko'rinishi: a) 1 - SO₂ -uzluksiz ishlovchi lazer. 2 - Egiluvchan yorug'lik o'tkazgich. 3 - Ko'zgular. 4 - Optik qalpoqcha. 5 - Chiqish naychasi. 6 - Fokuslovchi linza. Strelkalar bilan yorug'lik nurining yo'li ko'rsatilgan.

b) Qurilmaning umumiy ko'rinishi.

Lazer nurining fokusida energiya to'plangan bo'lib, u biologik to'qimalarni qizdirib bug'lantirish uchun yetarlidir. Jarroh lazer skalpelni sekin - asta yo'naltirib, to'qimani kesib boradi. Kesim chuqurligi va kesim tezligi to'qimaning qon bilan ta'minlanish darajasiga bog'liq. O'rtacha kesim chuqurligi 2-3 mm oralig'ida bo'ladi. Ko'pincha to'qimalarni kesish bir marotaba bajarilmay, balki skalpel bir necha marta yurgizilishi bilan amalga oshiriladi, bunda to'qima go'yo qatlamlab kesiladi. Jarrohlik skalpeli tarzida lazer bir qator afzalliklarga ega.

Birinchidan, bu nur qon chiqarmay qirqadi, chunki u unchalik katta bo'lmagan qon tomirlarni shu vaqtni o'zidayoq yamab qo'yadi. Bu xususiyati bilan u elektrpichoqqa o'xshaydi.

Ikkinchidan, lazer skalpeli kesish xususiyati hamma vaqt ishonchli va o'zgarmasdir.

Uchinchidan, shaffofligi, ya'ni soya hosil qilmasligi tufayli jarrohga operatsiya qilinayotgan qismini kuzatib borish imkonini beradi. Odatdagi skalpelning tig'i esa hosil qilgan o'z soyasi tufayli ish joyini jarrohdan to'sadi.

To'rtinchidan, lazer nuri to'qimani ma'lum masofadan turib unga bosim bermay kesadi.

Beshinchidan, lazer skalpeli mutlaq sterillikni (ya'ni tozalikni) ta'minlaydi. Haqiqatan, nurdan tashqari to'qimaga biror narsa bilan tegmaydi. To'qima bilan faqat nurlanish o'zaro ta'sirlashadi. Tozalikning yana bir sababi kesish joyida yuqori harorat hosil bo'ladi.

Oldinchidan, lazer nuri lokal (muayyan joyga) ta'sir ko'rsatadi. To'qimani bug'lanishi faqat fokus nuqtasidagina ro'y beardi. Uning yonidagi to'qimalar mexanik yoki elektr skalpeliga nisbatan kamroq jarohatlaydi.

Yettinchidan, klinik tajribalarning ko'rsatishicha, lazer skalpelidan hosil bo'lgan yara aslo og'rimaydi va nisbatan tez tuzaladi.

Lazer nuri yordamida qanday jarrohlik operatsiyalar o'tkazish mumkin?

Lazer nuridan tibbiyotda foydalanish 1966-yilda A.V. Vishnevskiy nomidagi xirurgiya oliygohida boshlandi. Lazer skalpeli qorin va ko'krak bo'shlig'idagi ichki a'zolari operatsiya qilishda qo'llanildi. Hozirgi paytda lazer nuri teri - plastik operatsiyalar (3.19 - rasm), ovqat yo'li, oshqozon, ichak, buyrak, ilg'ar, quloq (3.20-rasm), burun (3.21-rasm), tomoq (3.22-rasm) va boshqa ichki a'zolari operatsiya qilishda hamda o'simtalarni olib tashlashda (3.23-rasm) qo'llaniladi.



3.19-rasm. “Skalpel-1” lazer qurilmasi yordamida yaralarni davolash.



3.20-rasm. Geliy – neon asosida ishlaydigan lazer skalpeli yordamida quloq kasalligini davolash.



3.21-rasm. SO_2 yoki neodim lazeri yordamida burun kasalliklarini davolash.



. Past quvvatli (LG-76) lazer nurini nurtolalar orqali uzatib tomoq bo'shlig'ini davolash.



3.23-rasm. Lazer nuri yordamida o'simtalarni davolash.

Lazer skalpeldan ko'p tomirli joylarni operatsiya qilishda foydalanish jarrohlarni juda qiziqtirgan muammodir. Xususan, jigar, yurak, taloqni operatsiya qilish tibbiyotning juda katta muvaffaqiyati hisoblanadi. SO_2 - lazer yordamida oshqozon va ichakda 13 turli xil operatsiyalar (qirqish, rezaksiya) o'tkaziladi. Yo'g'on va ingichka ichakni kesish uchun lazerning chiqishdagi quvvati $9 \div 11 \text{ Vt}$ bo'lganida numi bir marta o'tkazish, yo'g'on ichak uchun ikki marta, oshqozonni kesish esa $2 \div 3$ marta o'tkazish yetarlidir. Masalan, ichakning devori oson kesilib, kesilgan joyi tekis va quruq bo'lib, usti yupqa jigarrang parda bilan qoplangan. Ichakning devoridan hech qanday qon oqish yuz bermagan. Oshqozonning devori ham lazer nurida osongina kesiladi. Oshqozon va ichakning kesilgan joyi $25 \div 30$ kunda bitib, kishining sog' terilardan juda kam farqlanadi. Lazer nurida to'qimalarni qirqishdan tashqari terilarni birlashtirishda ham foydalaniladi.

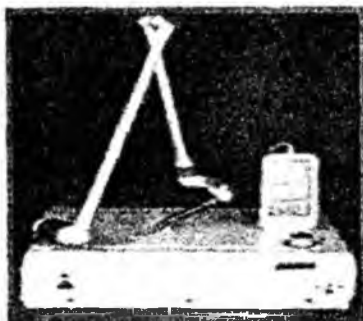
To'qimalarni qirqish fokuslangan nur yordamida amalga oshiriladi. Nurlanishning quvvati 20 Vt va fokuslangan dog' 1 mm bo'lganda intensivlik $2,5 \text{ kVt/sm}^2$ teng bo'ladi. Bunda nurlanish to'qimaning 50 mkm chuqurlikkacha kiradi. Bunda

to'qimani qizdirishda tushayotgan quvvatning sirt zichligi 500 kVt/sm^2 gacha yetadi. Bu biologik to'qimalar uchun juda katta miqdordir. Bunda nur to'qimani juda tez qirqadi va bug'lanishi sodir bo'ladi, ya'ni to'qimani qirqilishi ro'y beradi. Agar lazer nurini fokuslashtirib numing intensivligini 25 Vt/sm^2 gacha, ya'ni oldingi holdagiga qaraganda 100 marotaba kamaytirsak, to'qima bug'lanmaydi, balki sirtiy kaogulatsiya sodir bo'ladi. Bunday jarayon qirqilgan to'qimalarni ulashda foydalaniladi. Biologik payvandlash qirqilayotgan a'zoning devori tarkibida mavjud bo'lgan va ulanayotgan to'qimalar oralig'iga maxsus siqib keltirilgan suyuqlikning kaogulatsiyasi hisobiga amalga oshiriladi.

Yurak operatsiyasining eng murakkab jarayonlardan biridir. Hozirda lazer skalpeli yordamida bunday jarrohlik operatsiyalarida qo'llanilishi keskin ortib bormoqda. Bunday operatsiyalardan lazer nuridan qanday foydalanish mumkinligi to'g'risida bir misol keltiraylik. Ma'lumki, yurak klapanining darchasi xuddi ikki yaproqchaga o'xshaydi. Barglarning bir cheti yurakning ichki devoriga mahkamlangan bo'ladi. Mazkur barglar erkin qirralari bilan yurakning ish sikliga mos ravishda goh bir - biri bilan zich yopishib teshikni ochib qonni bir yo'nalishda qo'yib yuboradi. Yurakning ba'zi bir xastaliklarida mazkur "barglar" ning chetlari qisman birga qo'shib ketadi va buning natijasida qonni o'tkazuvchi teshik qisman bekilib qoladi. Xuddi shu birlashib ketgan yo'l chizig'i bo'yicha jarroh yurak klapanlar darchalarni ajratishiga to'g'ri keladi. Shunday operatsiyalarni o'tkazishda lazer skalpeli (3.24 - rasm. Lanset - 1) juda qo'l keladi.

"Skalpel - 1", "Lanset - 1" qurilmasi va shunga o'xshash qurilmalarda yorug'lik energiya lazerdan olinib operatsiya tushayotgan a'zoga kovak naychalar tizimi yordamida uzatiladi. Naychalar tizimi o'rnida dielektrik toladan yasalgan elastik naychalar orqali uzatuvchilardan foydalaniladi. Odatda tolalardan yasalgan naychalar ishlatiladi. Eshmaning ko'ndalang kesimining diametri 1 mm bo'lgan va oshmadagi har bir tolaning diametri esa $10 \div 100 \text{ mkm}$ ni tashkil qiladi. Elastik nur uzatgich yordamida jarroh lazer skalpeli naychalar orqali erkin harakatлана oladi. Asosiysi shundaki, ingichka naychalar orqali yorug'likning katta miqdordagi, energiyasini

uzatib, jarrohlik operatsiya o'tkazishning mutlaq yangi usuli yaratilgan.



3.24-rasm. Jarrohlikda qo'llaniladigan "Lanset - 1" lazer qurilmasi.

Yuqoridagi turli xil jarrohlik operatsiyalarni amalga oshirishda quyidagi tajriba asos bo'ldi (3.25 - rasm).



3.25-rasm. Yoqut lazerining nuri qizil sharga zarar yetkazmay o'tib uning ichidagi ko'k sharni kuydiradi. Shu sababli jarrohlikda lazerdan foydalanganda lazer qonga zarar yetkazmagan holda qon tomirlariga ta'sir qila oladi.

Lazerlar oftalmologiyada qanday qo'llaniladi?

Oftalmologiya – ko'z kasalliklari bilan bog'liq tibbiyot sohasida lazer nuri juda keng qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda

tibbiyotda yangi yoʻnalish - lazer mikroxirurgiyasi jadal rivojlanmoqda. Bu yoʻnalishdagi tadqiqotlar Toshkent shahridagi "Koʻz kasalliklari mikroxirurgiyasi" da, Odessadagi V.L.Filatov nomidagi institutda, Moskvadagi L.F. Gelgols nomidagi koʻz kasalliklari ilmiy tadqiqot institutida shuningdek, koʻz mikroxirurgiyasi ilmiy tadqiqot institutlarda koʻz oqizligiga olib keluvchi kasalliklarning asosiylari glaukoma, katarakta, toʻrsimon pardaning qatlamlanishini oldini olish borasida ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Lazer nuri dastlab koʻz kasalliklari orasida toʻrsimon pardaning qatlamlanishini davolashda qoʻllanildi. Koʻzi oqizlik hollarining eng keng tarqalgani glaukomadir. Mazkur xastalik mamlakatlarning 40 yoshdan oshgan aholisining taxminan 2÷3 % glaukoma xastaligi bilan ogʻrishi qayd qilingan. Glaukoma anʻanaviy usullar bilan davolash juda murakkab jarayon boʻlib, koʻz unda kuchli jarohatlanishi mumkin. Shuningdek, davolash natijasi tamoman ijobiy boʻlishiga ishonish qiyin. Shu oʻrinda lazer nuridan foydalanish ayni maqsadga muvofiqligi aniqlangan. Lazer nuri bilan koʻzning rangdor pardasida teshik ochilib, shu yoʻl bilan uning kapillar naylarini xususiyatini tiklab, koʻz suyuqligining normal oqimiga imkon tugʻiladi. Ammo rangdor pardani juda tez kuydirib teshik ochish shamollashga olib keladi va natijada hosil boʻlgan teshik bekilishiga sabab boʻladi. Akademik M.M. Krasnovning tadqiqotlari natijasi shuni koʻrsatdiki, rangdor pardani kuydirish emas, balki uni urib teshish kerak ekan. Boshqa soʻz bilan aytganda, lazer impulslari pardaga issiq taʼsiri emas, balki mexanik taʼsir koʻrsatishi lozim. Buning uchun, lazer impulsi qisqa muddatli boʻlishi talab etiladi. Glaukoma xastaligini davolashda qoʻllaniladigan lazer nuri impulsining davomiyligi 10^{-7} s ga teng. Bunday impulsi nurdan foydalanilsa, koʻz pardasida koagulyatsion va shamollash hodisalarining yuzaga kelish ehtimolligi juda kichik ekan. Lazer nuri glaukoma operatsiyasini hayron qolarli darajada osonlashtirdi, operatsiya muddati 1÷15 daqiqa davom etadi. Bunday operatsiyalarni odatda ambulatoriya sharoitida oʻtkaziladi. Hozirgi vaqtda argon (480 nm, 514 nm), kripton (647 nm) yarimoʻtkazgichli (810 nm) lazer nurlari yuqorida qayd

qilingan ko'z kasalliklarining deyarli barchasini davolashda qo'llaniladi (3.26- rasmlar).





3.26 - rasmi. Lazér nuridan oftalmologiyada qo'llanilishi.

Stomatologik davolash va lazer nuri. O'zbekistonda juda kam kishini tish kasalligiga yo'liqmagan deyish mumkin. Tishi kasallangan bemor "Bor" mashina (tishni davolaydigan stomatologik asbob) bilan uchrashishdan qo'rqib, imkoni bo'lsa davolanishga bormaslikka harakat qiladi. Ammo lazer nuridan foydalanish mazkur muammoni ma'lum darajada osonlashtirdi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, lazer nuri sog'lom va kasallangan tishlarga turlicha ta'sir ko'rsatar ekan. U qorayib qolgan (ya'ni kasal) tish qismi tomonidan yutilib sog'lom oq tish tomonidan qaytariladi. Lazer nurlanishi kariyesga ta'sir etib kasallangan tish to'qimani yemiradi, lekin unga qo'shni bo'lgan sog' tish qismlarini yemirmaydi (3.27-rasm). Kelgusida lazer nuridan nafaqat tishni davolashda, balki kariyesning oldini olishda foydalanish mumkin. Agar tish emali infraqizil nur bilan yoritilsa, u kariyesga bardoshli bo'lar ekan. Hozircha stomatologlar lazer nuridan og'iz bo'shlig'idagi kasalliklarni davolashda geliy-neon lazeridan foydalanishadi.



3.27 - rasm. Lazer nuri yordamida tishlarni davolash.

Terapevtlarning lazer nuriga qiziqishi nimada? Lazer nuridan terapiyada foydalanish mumkinmi? Ha, deb javob berish mumkin. Hozirgina biz og'iz bo'shlig'idagi shilliq parda kasalliklarini davolashda lazer nuridan foydalanilganligi to'g'risida gapirdik. Ammo "mo'jiza" bu bilan tugamaydi. Qadimgi vrachlar uchun singan suyaklarni o'stirish, shuningdek, ularni ulash katta muammo bo'lib kelgan. Geliy-neon lazeri suyaklarning ulanib bitishini juda tezlashtiradi. Quvvati 10 Vt atrofida bo'lgan geliy-neon lazeri bilan

ulangan joyni 1-15 marotaba nurlash natijasida suyaklarning juda tez o'sishi kuzatildi. Vena tomirlari kasalligi, ko'pincha trofik teri yarasini hosil qiladi. Bunda oyoq terisi qizaradi, qichiydi, qonay boshlaydi. Shu vaqtgacha qo'llanilgan terapevtik va xirurgik muolajalar kam ta'sir ko'rsatib kelgan. Ammo kutilmaganda, geliy-neon lazeri shu kasallikni davolashda yordamga keldi. Davolash kursi 20-25 marta 10 daqiqalik nurlash muolajasidan iborat. Xuddi shuningdek, kuygandan va uzoq bitmayotgan travmatik yaralarni kam quvvatli geliy-neon lazeri bilan muvaffaqiyatli davolash mumkin ekan. Yuqorida ko'rsatilgan kasalliklarni davolashda qo'llaniladigan geliy-neon lazerining qizil nuri kishi tanasidagi biologik jarayonlarni jadallashtirar ekan. Shu sababli "lazer biostimulatsiyasi" degan maxsus atama yuzaga keldi. Hozirda biostimulatsiya mexanizmi aniqlangan emas.

Lazerlar ertaga tibbiyot uchun nima beradi?

Biz yuqorida ko'rib o'tgan lazerning tibbiyotga qo'llash imkoniyati hali poyoniga yetgan emas, ammo ushbu keltirilgan misollar hayron qolarli darajada ajoyib. Ba'zan tibbiyot xodimlari shu davrga qadar lazer nuri yordamisiz qanday ishlagan ekanlar, degan fikrga borish ham mumkin. Ayniqsa lazerlarning jarrohlikda, ko'z mikroxirurgiyasida tutgan o'rni, shuningdek, terapiyada bu nurlarning xizmati beqiyosdir.

Hozirgi vaqtda lazer nurini biologik obyektlarga ta'sir etish mexanizmini batafsil, atroflicha o'rganish ishlari olib borilmoqda. Albatta, fizika qonunlariga tayangan holda to'qimalarga numi issiqlik va zarbaviy ta'sirini tushuntirish mumkin. Ammo tirik to'qimalarda nurlanishdan so'ng yuzaga keladigan shishish va shamollashlarni tushuntirish uchun bu qonunlar yetarli emas. Biz hali u yoki bu Klinik maqsadlar uchun **lazer nurining qaysi to'lqin uzunligi, generatsiya maromini va nurlanishning qanday energiyasi mos kelishini aniq bilmaymiz.**

Lazer nuri yordamida diagnostika (tashxis) da keng qo'llanilmoqda. Masalan, hozirgi vaqtda 1 Vt li geliy-neon lazeri yordamida qo'lning qon tomirlari fotonusxasini olish mumkin. Qizig'i shundaki, rentgen nuri yordamida bunday rasmni olib bo'lmaydi. Lazer nuridan tibbiyotda foydalanishning rivojlanishi

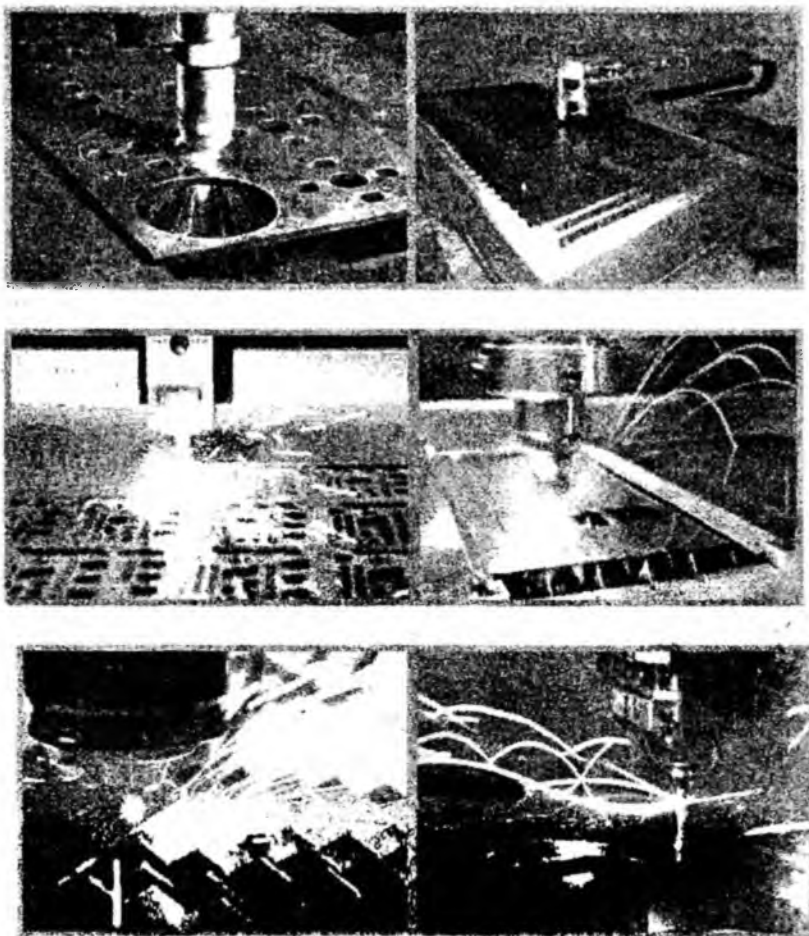
asosida kelgusida odamning barcha qon tomirlarini yoritish imkoniga ega bo‘lamiz va buning natijasida turli kasalliklarni aniqlash imkoni tug‘iladi.

3.4. Jismlarga lazer nuri bilan ishlov berish

Katta quvvatli lazer nuri moddalarga qanday ta’sir ko‘rsatadi? Ham ilmiy, ham amaliy ahamiyat kasb etuvchi ushbu masalani yechish uchun qandaydir metall sirtiga lazer nurini yo‘naltiraylik. Lazer nurlanish intensivligi borgan sari ortib boradi, deb tasavvur etaylik. Bunga lazer quvvatini oshirish hamda nurlanishni fokuslash yo‘li bilan erishish mumkin. Nurning quvvati ortib borib u 10^4 Vt/sm^2 chamasida qiymatga ega bo‘lsa, bunday quvvatga har qanday metall uchun erish haroratiga erishiladi va biz kuzatgan metall eriy boshlaydi. Sirtga yaqin, yorug‘lik nuri tushayotgan joyda metallni suyuq (erigan) sohasi yuzaga keladi. Metallning qattiq qismidan ajratib turuvchi bu sirt qismi, odatda, erish sirti deyiladi. Metall, nurlanish energiyasini yanada ko‘proq yutgan sari erigan qism shu metallning ichki qatlamiga kirib boraveradi. Materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi yuqoriligi sababli, issiqlik metallning quyi qatlamlari ichiga jadal singib borishi davomida sirtning erish yuzasi ham albatta, ortadi. Natijada (nurlanishning berilgan intensivligi uchun) erishning o‘zgarmas sirti yuzaga keladi. Lazer nurining intensivligi 10^6 - 10^7 Vt/sm^2 ga qadar ortganda erish bilan bir vaqtda materialning shu erigan qismining intensiv bug‘lanishi (qaynashi) boshlanadi. Metallning shu qismining bug‘lanishi tufayli uning sirtida chuqurcha yuzaga kelib, ma’lum vaqtdan so‘ng u teshik yoki kesimga aylanadi. Nurlanishning intensivligini yanada orttirib, 10^9 Vt/sm^2 chamasida bo‘lganda modda bug‘ining kuchli ionlanish jarayoni boshlanadi, buning natijasida bug‘ plazmaga aylanadi. Plazma lazer nurini intensiv yutganligi tufayli u nurlanishning metall sirtiga keyingi o‘tishga to‘sqinlik qiladi. Demak, metall sirtiga lazer nuri bilan ishlov berilganda plazma hosil bo‘lmasligiga ahamiyat berish kerak. Nurlanishning moddaga ta’siri to‘g‘risida fikr yuritganda biz faqat yorug‘lik quvvatini fazodagi konsentratsiyasi haqida

gapirdik, xolos. Ammo quvvatning vaqt bo'yicha o'zgarishini ham e'tiborga olish kerak, albatta. Uni yakkalangan lazer impulsi davom etish vaqtini yoki impulslar ketma - ket kelishi chastotasini o'zgartirish yo'li bilan boshqarish mumkin (3.28-rasmlar).





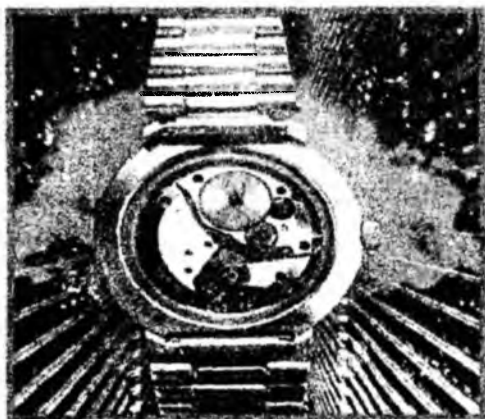
3.28-rasm. Metallarga lazer nuri yordamida ishlov berish.

Faraz qilaylik, nurlanish intensivligi metallning nafaqat erishiga, balki uning bug'lanishiga ham yetarli bo'lsin. Bunda lazer nurlanishi alohida yakkalangan impulsdan iborat bo'lib, u 10^{-7} s chamasi davom etsin. Bu holda juda qisqa vaqt ichida material sirtida juda katta yorug'lik energiyasi yutiladi. Mazkur vaqt ichida metallning tashqi sirtida katta energiya yig'ilib, ichki

qatlamiga singishga ulgurmaydi. Natijada moddaning muayyan massasi erigunga qadar uning intensiv bug'lanishi boshlanadi. Boshqacha aytganda, modda yutayotgan yorug'lik energiyasining asosiy qismi moddaning butkul erishiga sarflanmay, balki uning bug'lanishiga ham sarflanar ekan. Amalda lazer impulsining muayyan energiyasini olish uchun impulsning davom etish vaqtini uzaytirish maqsadga muvofiqdir. Shu tufayli erish sirtida namunaning ichki qatlamlariga ko'chish imkoniyati tug'iladi. Shunday qilib, materialga ishlov berishda shu materialning xususiyatiga asoslanib nurlanishning ham energiyaviy, ham vaqtiy xarakteristikasini tanlash maqsadga muvofiqdir. Xususan, payvandlashda intensivligi uncha katta bo'lmagan nisbatan uzoq vaqt davom etuvchi impulslardan (davom etish vaqti $(10^{-2} \div 10^{-3}s)$) teshik hosil qilish qulaydir. Aksincha, materialni jadal bug'lantirish uchun esa ko'proq intensivlikdagi, ammo qisqa vaqt davom etuvchi ($10^{-4} \div 10^{-5}s$) impulslardan foydalanish lozimdir. Lazer teshgichlar qanday xususiyati bilan afzallikka ega? Qo'l soati "Polet" ning sifrablatida "23 ta tosh" degan yozuv bor. Bunday yozuvlar boshqa mexanik tarzda yurg'iziladigan soatlarda ham mavjud. Ular nimani anglatadi? Gap yoqut toshlari ustida borib, ular soat mexanizmidagi sirpanish podshipniklari sifatida ishlatiladi. Bunday podshipniklarni tayyorlash uchun yoqutda aniq shakldagi silindrsimon teshik hosil qilish kerak. Ushbu silindrning nisbatan juda kichik ($0,1-0,05 \text{ mm}$ atrofida) bo'lishini hamda ishlov beriluvchi material - yoqutning o'zi ham nihoyatda mo'rt va qattiq modda ekanligini nazarda tutsak, bajarilajak vazifa qanchalik mushkul ekanligini anglash qiyin emas. Juda ko'p yillar davomida mazkur jarayon mexanik yo'l bilan, ya'ni parma yordamida bajarilar edi. Buning uchun diametri $40-50 \text{ mikrometrlar}$ bo'lgan olmos tondan parma yasalgan. Mazkur parma bir daqiqada 30000 ta gacha toshni teshadi, shu vaqt ichida u 100 marta ilgari qaytma harakat qiladi. Bitta toshni teshish uchun 10 - 15 daqiqagacha vaqt talab qilinadi.

1964-yildan boshlab soat toshlarida teshiklarni mexanik usul bilan hosil qilish o'rniga "lazer parma" usuli qo'llanildi. Lazer nuri mexanik tarzda parmalamaydi, balki u materialni

intensiv bug‘lantirib teshadi, shuning uchun “parma” degan atamani tom ma‘noda qabul qilish o‘rinli emas (3.29-rasm).



3.29-rasm. Soatda qo‘llaniladigan yoqutdan yasalgan toshlarga lazer nuri yordamida ishlov berish.

Hozirgi vaqtda “lazer parma” dan soatning yoqut toshlarini teshishda foydalanish oddiy ish bo‘lib qoldi. Bu maqsadda impulsli qattiq jisimli lazerdan, xususan, neodim shisha lazerdan foydalaniladi.

Qalinligi $0,5-1\text{mm}$ bo‘lgan detalni teshish uchun energiyasi $0,1 - 0,5\text{ J}$, davomiyligi 10^{-4} s bo‘lgan lazer impulslari to‘plamidan foydalaniladi. Avtomatik maromda ishlaydigan qurilmaning unumdorligi bir sekundda bittadan teshik ochish imkoniyatiga ega. Mazkur lazer qurilmaning f.i.k. mexanik teshgichga nisbatan ming marotaba yuqoridir.

Volfram, mis, bronza va boshqa metallardan ingichka simni o‘tkazish uchun kichik diametrlı teshiklar olish texnologiyasi yaratilgan. Bunday teshiklarni hosil qilish uchun o‘ta qattiq qotishmalardan foydalaniladi. Shular orasida eng qattig‘i olmos hisoblanadi. Shuning uchun eng ingichka simlar olish olmosda hosil qilingan teshiklar yordamida amalga oshiriladi. Bunday maqsadda foydalaniladigan olmosni *filyer* deyiladi. Lekin filyerlar

diametri 10 mkm bo'lgan simlarni olish imkonini beradi. Ammo bunday teshikni olmosdek o'ta qattiq materialda qanday parmalash mumkin? Mexanik yo'l bilan teshik hosil qilish uchun 10 soat vaqt talab qilinadi. Bunday teshikni katta quvvatli lazer impulslari to'plami bilan osongina hosil qilish mumkin. Xuddi soat toshlaridagidek, bu jarayon qattiq jisimli impulsi lazerlar yordamida amalga oshiriladi. Olmos filyerdagi jarayon murakkab ko'rinish (profil)ga ega. Lazer impulsi yordamida olmos zago-tovkada dastlabki (xomaki) teshik hosil qilinadi. So'ngra kanal ultratovush bilan ishlanib silliqanib, sayqal berilib, unga zarur bo'lgan ko'rinish beriladi. "Lazer parma" faqat qattiq va o'ta qattiq materiallarda ishlatilmay, balki o'ta mo'rt materiallarda ham ishlatiladi. Misol tariqasida ammoniyli oksidli keramikadan yasalgan mikrosxemalar tagligini keltirish mumkin. Keramikaning nihoyatda mo'rtligi tufayli mexanik usulda parmalab teshilganda, odatda "xom" material parmalanib, so'ngra qizitgichda qizitib, materialni pishirish uchun xumdonga qo'yiladi. Bunda buyumlar biroz deformatsiyalangan uchun teshiklar orasidagi masofa siljishi mumkin. "Lazer parma"dan foydalanilganda xumdondan chiqqan keramik taglik bilan darhol ishlash imkoniyati tug'iladi. Bu usulda yuqorida qayd qilingan hodisalar ro'y bermaydi. Keramikada "lazer parma" bilan diametri 10mkm bo'lgan o'ta ingichka teshik hosil qilish mumkin. Mexanik parmalash yo'li bilan bunday teshikni hosil qilib bo'lmaydi. Keramik taglikni teshishda SO₂ impulsi lazerdan foydalaniladi (diametri 0,1mm va undan katta hollar uchun).

Yoqut impulsi yoki granat neodimli lazerlar o'ta kichik diametrlilik teshiklar hosil qilish uchun ishlatiladi. Yuqorida keltirilgan misollardan lazer parmalashning afzalliklari haqida aniq tasavvur hosil qilindi.

Lazer nurining yana bir muhim afzalliklaridan biri shundaki, bu nur yordamida shisha to'siq orqali ham payvandlash jarayonini amalga oshirish mumkin. Masalan, elektron nur trubkaning ichki qandaydir simi uzilgan yoki kontakti buzilgan bo'lsin. Bunda trubka ishga yaramay qoladi, birinchi qarashda mutlaqo tashib bo'lmaydigan nuqsonga duch kelindi, haqiqatan ham

buzilish shisha ballon ichida vakuumda ro'y bergan. Hech qanday payvandchi buni oddiy usul bilan tuzatolmaydi. Ammo shu o'rinda lazer nuri yordamga keladi. Kerakli joyga lazer nurini yo'naltirib, numi fokuslab shisha ballon ichidagi zarur payvandlashni amalga oshirish mumkin (3.30-rasm).



3.30-rasm. Elektr lampochka tolalarini lazer nuri bilan payvandlash.

Bu yerda lazer nurining boshqa usullardan ustunlik xususiyati - yorug'lik uchun tiniq bo'lgan tusiqlardan o'tib havosi so'rib olingan obyektlarda tuzatish ishlarini amalga oshira olishi namoyon bo'lmoqda.

Amaliyotda mikroelektronikaning u yoki bu elementlarini inert gaz bilan to'ldirilgan kamerada payvandlash imkoniyati katta qiziqish tug'diradi, chunki bu holda oksidlanish reaksiyasining oldi olinadi. Mikroelementlarning rivoji mikrosxemalarni tayyorlash texnologiyasi bilan chambarchas bog'liqdir. Bunda lazer nuridan samarali foydalanish imkoniyati yuqoridir.

Dastavval, lazer nuridan faqat mikro payvandlashdagina foydalanilgan. Yoqutli lazer yordamida kremniy plastinkalarining kontaktlari payvandlandi, shuningdek, ingichka simlarni yupqa plyonkalarga payvandlash ishlari amalga oshirildi. Keyinchalik

SO_2 - lazerlar yordamida mikro sxemalarning kerakli tagligini teshishda foydalanildi.

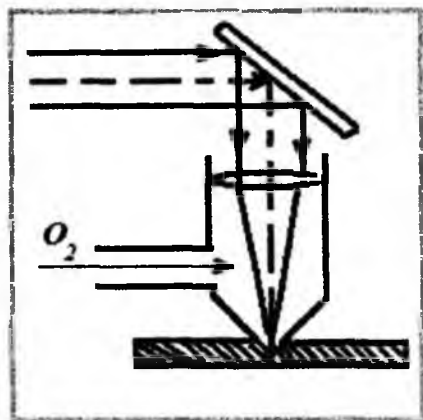
Hozirgi vaqtda lazer nuri sxemaning alohida qismlarini tayyorlashda ham yupqa plyonkali sxemalarning parametrlarini moslashtirishda ishlatilmoqda. Shuni ta'kidlash lozimki, hozirgi vaqtda lazer nuri yordamida rezistor, kondensator, induktivliklardan iborat plyonkali (pardali) sxemalar tayyorlanmoqda.

Mikrosxemalarni sirtiga ishlov berish uchun mo'ljallangan foto shablonlarni yoki mikrosxema komponentlarini taglikka purkash uchun mo'ljallangan shablonni tayyorlashda ham lazer nuridan unumli foydalanilmoqda. Yuqorida ko'rilgan hollarda material katta quvvatli lazer bilan bug'latiladi. Faraz qilaylik, mikrosxemaning dielektrik tagligiga yupqa metall plyonka (parda) purkalgan bo'lsin. Pardaning sirti bo'ylab ko'cha oladigan fokuslangan lazer nurini yo'naltirib, shu pardani muayyan qismlarini bug'lantirish orqali mikrosxemaning zarur bo'lgan "rasmi" hosil qilinadi. Misol tariqasida uzluksiz ishlovchi lazer granat-neodimli asosidagi muayyan lazer qurilmasini keltiramiz.

Lazer 400 nm/s chastotali yorug'lik imlulslarini muntazam generatsiyalaydi. Har bir impulsning davom etish vaqti 10^{-7} s , maksimumdagi quvvati 1 kVt dir. Lazer nuri shunday fokuslanganki, uning hosil qilgan dog'ining diametri 10 mkm ga teng. Mazkur nur dastasi ko'chish chog'ida metall pardada ingichka yo'lchani bug'lantiradi. Lazer nuri dastasining ko'chish tezligi 2 mm/s ni tashkil etadi. Taglik sirtida hosil qilingan yo'llar metalldan to'liq tozalanadi. Lazer nuri yordamida qirqish ishlarini ham keng ko'lamda amalga oshirish mumkin. Mazkur nur vositasida amalda barcha materiallar marmar, rezina, plastmassa, keramika, oyna, amuke, yog'och va hokazolar qirqiladi.

Qirqish natijasida juda murakkab shakldagi kesimlarni ham katta aniqlik bilan hosil qilinadi. Bu nur yordamida kesganda material alanganmasligi uchun kesilgan joy inert gazlar sharrasi bilan sovutib turiladi. Bunda kesilayotgan joy esa tekis, bo'lib chiqadi. Shu bilan birga, kesimda uzluksiz impulslar ishlovchi lazerlar yoki yorug'lik impulslari juda katta chastota bilan kesmaslik maqsadga mufoviqdir. Nurlanish quvvati

kesiladigan materialga va uning qalinligiga bog'liqdir. Masalan, qalinligi 50mm bo'lgan taxtani qirqish uchun quvvati 200 Vt li SO_2 - lazeri qo'llaniladi, bunda kesimning kengligi $0,7\text{ mm}$ ni tashkil etadi. Qalinligi 10 mm li oynani qirqish uchun quvvatliroq taxminan 20 kVt li nurlanish talab etiladi. Metallni lazer nuri bilan qirqish uchun (agar kesilayotgan material kislorod oqimi bilan sovutilib turilsa) nurlanish quvvati $100 \div 150\text{ Vt}$ atrofida bo'lishi kerak. Bu holda gazolazer qirqish uchun qo'llaniladigan qurilmaning sxemasi 3.31 - rasmda ko'rsatilgan.



3.31-rasm.

Qirqish uchun lozim bo'lgan energiyaning ko'p qismi ekzotermik reaksiya asosida amalga oshiriladi. Bunday reaksiya kislorod bilan metallning o'zaro qirqishdagi ta'sirlashuvda yuzaga keladi. Bunda issiqlik metallni kislorod oqimida yonishida ajraladi. Lazer bilan qirqishda kislorod oqimi faqat lazer quvvatiga qo'shimcha energiya manbai bo'libgina qolmay, balki qirqish chuqurligini va tezligini orttiradi. Shu bilan bir qatorda tekis zih olish imkonini beradi (3.32-rasm).



3.32- rasm. Lazer nuri yordamida metallarni kesish.

Lazer nuridan xalq xo'jaligida qanchalik keng foydalanilayotganligini namoyish qilish uchun quyidagi ikki misolni ko'raylik.

Birinchidan, lazer nuridan to'qimachilik fabrikasida matolarni qirqish va bichishda foydalanish mumkin. Qurilma quvvati 60 Vt li uzluksiz ishlovchi SO_2 lazer, fokuslovchi va ko'chiruvchi sistema, *EHM* va matolarni taranglash va ko'chirish sistemasidan iboratdir. Matolarni qirqish jarayonida lazer nuri mato sirti bo'ylab lazer 1 m/s gacha bo'lgan tezlik bilan ko'chadi. Fokuslangan yorug'lik dastasi diametri $0,2 \text{ mm}$ ga tent. Lazer nurini va matoni ko'chishi *EHM* yordamida boshqariladi. Qurilma yordamida 1soat ichida 50 dona kostyumli matoni bichish mumkin. Bunda bichish jarayoni faqat katta tezlik bilan emas, balki juda katta aniqlik bilan ham bajariladi. Shu bilan birga qirqilgan matoning zihi ham tekis bo'ladi.

Ikkinchidan, lazer nurining aviatsiya sanoatida qo'llanilishi xususan, kosmik fazoviy uchuvchi apparatlarni ishlab chiqarishda ulardan foydalaniladi. Lazer nuri yordamida titan, po'lat, aluminiy taxtachalari qirqiladi. Quvvati 3 kVt bo'lgan uzluksiz generatsiyalovchi SO_2 - lazer qalinligi 5 mm bo'lgan titan taxtasini 300 m/min tezlik bilan, qalinligi 50 mm bo'lganda $0,5 \text{ m/min}$ tezlikda qirqadi. Agar kislorod oqimidan foydalanilsa, xuddi shu natijaga quvvati $100 - 300 \text{ Vt}$ bo'lgan lazer bilan ham erishish mumkin.

Hozirgi zamon lazer texnologiyasini qanday tasavvur etish mumkin? Hozirgi zamon lazer texnologiyasi materiallarni qirqish, teshik hosil qilish, payvandlash, tamg'alash kabi materiallarga turli xil ishlov berish usullarini o'z ichiga oladi. Bu yerda ishlov beriladigan materiallarning xilma - xilligigina emas, balki ishlov berish jarayonlarining xilma-xilligi ham hayron qoldiradi. Lazer nuri bilan amalda istalgan materialga istalgan tarzda ishlov berilishi mumkin.

Lazer payvandlash. Lazer payvandlash ikki bosqich orqali bajariladi. Dastlab shishali neodim va yoqutli qattiq jisimli impulsli lazerlar asosida nuqtaviy payvandlash amalga oshiriladi. Uzluksiz nurlanish beruvchi yoki nurni tez takrorlanuvchi impulslar ketma-ketligi tarzida nurlanuvchi katta quvvatli SO_2 va neodimli granat lazerlar ixtiro etilgandan keyin materialning bir necha millimetr chuqurlikkacha erishi bilan boruvchi payvand chok usuli rivojlana boshladi. Ba'zan bunda payvandlash chuqurligi santimetrgacha yetishi ham mumkin. Nuqtaviy lazer payvandlashga misol qilib, tranzistor asosidagi nikel kontakti, nikel qotishmasidan yasalgan klemmaga ulashni, ingichka mis simlarni bir - biriga yoki klemmalarga ulashni hamda mikro - elektron komponentlarni o'zaro ulashni keltirish mumkin.

Lazer payvand chok quvvati $100Vt$ chamasidagi uzluksiz nurlanishdan foydalanib germetizatsiya (havo o'tkazmasdan) qilishda, gaz turbinalarining parragiga uchligini mahkamlashda qo'llaniladi. Bunda payvandlash tezligi minutiga bir necha metrni tashkil qilgan holda, chok kengligi esa $0,5\text{ mm}$ gacha teng bo'ladi.

Hozirgi vaqtda nurlanish quvvati $1-10\text{ kVt}$ bo'lgan nurlanish chok payvandda qo'llanila boshlandi. Bunda payvandlangan chokning mustahkamligi, chokning kengligi materialning bir necha millimetрни tashkil etsa ham payvandlanayotgan materialning mustahkamligidan qolishmaydi.

Avtomobil kuzovlarini yasash avtomatik lazer payvandlash yordamida amalga oshirilmoqda. Masalan, Rossiyadagi Lixachyov nomidagi zavodda 5 kVt li SO_2 lazer qurilmasi yordamida avtomobilning kardan vallari avtomatik tarzda payvandlanish yo'lga qo'yilgan. Bunda vallarning xizmat muddati uch marotabaga

oshgan. Oddiy shisha detallarni (bo'laklarni) payvandlashda quvvati 100 Vt bo'lgan kvarsni payvandlashda quvvati 300 Vt li lazerlardan foydalaniladi.

Lazer yordamida termoshlov berish. Lazer nuri metall sirtiga tushganda nur yo'nalgan joyning sirtga yaqin qatlami tez qiziydi. Nur sirtning boshqa qismiga ko'chirilishi bilanoq qizigan joy tez soviydi. Bunday usuldan sirtiy qatlamlarni toblashda keng foydalanib, u metallning mustahkamligini juda ham oshiradi. Lazer toblash sirtini xuddi shu cheklangan qismini yoki ishlangan detallning mustahkamligini oshirish imkonini beradi. Shu maqsadda qilingan toblash mashinalarni tez ishdan chiqadigan ayrim qismlari yoki uning detallarini mustahkamligini nihoyatda oshiradi. Lazer toblash – avtomobil sanoatida keng qo'llanilmoqda, jumladan, avtomashina dvigateli silindrining boshchasiyidagi yo'naltiruvchi klapaning shesternyalar (tishli g'ildiraklar) ni taqsimlovchi valni mustahkamlashda keng qo'llanilmoqda. Materiallar sirtining mustahkamligini oshirish uchun lazer legirlash usuli qo'llaniladi. Ishlov berilayotgan sirtga dastlab kukun holatidagi kerakli modda bir tekisda sochiladi. Lazer nuri ta'sirida eriydi va kukun bilan detall materialining yupqa qatlamda aralashuvi ro'y beradi. Bunday termoshlov odatda 1 kVt uzluksiz generatsiyalovchi SO_2 - lazer yordamida amalga oshiriladi. Keyingi paytda termoshlov bo'yicha yangi lazer texnologiyasi yuzaga keldi. Bunday termoshlov jarayonlaridan biri metallarni lazer oynalashtirishdir. Mazkur jarayonda metall sirti lazer bilan qizdirilib juda tez sovitilsa, yupqa sirt oldi amorf (oynasimon) qatlam yuzaga keladi. Bu qatlam katta mustahkamligi va zang - bardoshligi bilan boshqalardan farq qiladi. Metallda oynalashtirishning hosil bo'lishi uchun sirt sovitilishi 10^8 grad/s tezlik bilan sodir bo'lishi kerak.

Ketma - ket nur impulslarini generatsiyalovchi lazerdan foydalanib, zarbaviy to'lqinlar bilan metall sirtini mustahkamlash ~~hala~~ mumkin. Nurlanish intensivligi $10^9 \div 10^{10} \text{ Vt/s}$ bo'lganda ~~metall~~ sirtida plazma qatlam hosil bo'ladi. Plazma lazer nurining tarqalishi yo'nalishiga teskari yo'nalishda tarqaladi. Natijada zarbaviy to'lqin hosil bo'ladi. Nur impulslar ketma-ketligidan

iborat bo'lganligidan, zarbaviy to'liqlar ketma - ketligi vujudga keladi. Hosil bo'lgan zarb to'liq bosimining eng katta qiymati yuz atmosferalar chamasida bo'ladi. Bu holda metallardan yasalgan biror detallga to'liqning ta'siri xuddi sovitilgan metallga bosim bilan ishlov berilganiga o'xshaydi. Shunday qilib, lazer texnologiyasining qo'llanilishi ko'lam juda kengdir. Bu texnologiyani quyidagi qismlardan iborat deyish mumkin:

1. Ishlov berilayotgan materialning xilma-xilligi.

2. Materiallarga katta tezlik bilan ishlov berish imkoniyatining mavjudligi.

3. Ishlov berish jarayonining avtomatlashtirish imkoniyatining yuqori ekanligi va shu sababli mehnat unumdorligining nihoyatda ortishi.

4. Ishlov berish sifati nihoyatda yuqori ekanligi va ishlov berilayotgan sirtning iflosmasligi.

5. Materiallarga ma'lum masofadan turib ishlov berish imkoniyati mavjudligi va boshqalar.

3.5. Lazerlarning qishloq xo'jaligida qo'llanilishi

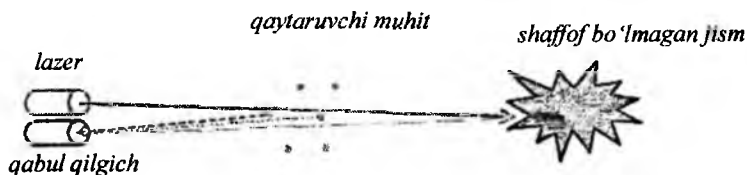
Lazer nurlanishining xususiyatlaridan qishloq xo'jaligida ham keng qo'llanilmoqda. Kogerent nurlanish biologik jarayonlarni tezlatish xususiyatiga ega ekanligidan foydalanib turli o'simliklarning urug'lariga ekishdan oldin lazer nurlanishi bilan ta'sir etish yo'lga qo'yildi. Qishloq xo'jaligida lazer nurlanishini qo'llash bir necha yo'nalish bo'ylab rivojlanmoqda: o'simlik urug'larini ekishdan oldin lazer nurlanishi bilan ishlash, o'simliklarning o'sish jarayonini, ekilishini aerokosmik usul bilan aniqlab tuzish, tayyor mahsulotlarning sifatini lazer nurlanishi vositasida nazorat qilish, ob - havo sharoitlarini oldindan tadqiq qilish va hokazo.

Bug'doyni ekishdan oldin lazer nurlanishi bilan ishlashning xo'jaliklarida qo'llanilishi hosildorlikni 10 % dan 21 % gacha oshganini ko'rsatdi. Bug'doyni ekishdan oldin lazer nurlanishi bilan ishlash uchun "Lvov - 1" qurilmasidan foydalanildi. Mazkur qurilmada geliy - neon va argon lazerlarining nurlanishidan

foydalanilgan. Qurilma bir soatda yetti tonna donni ishlash imkoniyatini beradi va faqat bir kishi tomonidan boshqariladi. Donni lazer nurlanishi bilan ishlash uning biologik faolligini oshirdi. Xuddi shunday tadqiqotlar O'zbekiston Fanlar akademiyasining tajribali biologiya institutida paxta chigiti ustida olib borilib, paxta hosildorligini 10 % - 12 % ga oshishiga olib keldi.

O'simliklar ekilgan maydonlarni samolyotdan turib lazer nurlanishi vositasida nazorat qilish, o'simliklardan qaytgan nurlanish xususiyatlariga asoslangan holda, ekinlarning yovvoyi o'tlar bilan zararlanganini, o'simlik barglarida xlorofilning miqdorini, o'simlik massasining yetilish darajasini, suvga muhtojligini, hosildorligini aniqlash imkonini berdi. Bunday tadqiqotlar uchun maxsus qurilmalar - lidarlar yaratildi. Lidar - lazer lokatori bo'lib, atrof-muhitni lazer nurlanishi vositasi yordamida nazorat qilish imkonini beradi. Lazer uzatuvchi, qabul qiluvchi va informatsiyani ishlovchi va tahlil qiluvchi qismlardan tuzilgan bo'lib quyidagicha ishlaydi. Impuls maromida ishlovchi lazer nurlanishi kuzatilayotgan maydonga yo'naltiriladi. Lazer nurlanishini yutgan o'simlikda fluoresetsensiya hodisasi - o'simlikning nurlanish ta'sirida qisqa vaqt davomida rivojlanishi ro'y beradi.

Fluoresetsensiya nurlanishining spektri, qutblanishi, ro'y berish tezligi o'simlik tarkibidagi organik moddalar eritmalarining konsentratsiyasiga, ulardagi lyuminessensiya markazlariga bog'liq bo'ladi. O'simlik fluoresetsensiyaning intensivligi, to'lqin uzunligi, spektri, bir necha metrgacha bo'lgan optik teleskoplar yordamida qabul qilinadi. Mazkur optik signali fotoelektron ko'paytirgichlarga tushib elektr signaliga aylantiriladi. Olingan elektr signallari EHM bilan ta'minlangan analizatorda ishlanadi. Olingan ma'lumotga asoslanib, o'simlikning holati haqida ma'lumot olinadi. Lidaming ishlash tamoyili 3.33 - ramda berilgan.



| obyektgacha bo'lgan masofa | 1 m | 10 m | 100 m | 1 km | 10 km | 100 km |
|-----------------------------|------------|-----------|------------|----------|---------|---------|
| nurning harakatlanish vaqti | 0,0067 mks | 0,067 mks | 0,0067 mks | 0,67 mks | 6,7 mks | 670 mks |

3.33 - rasm. Lidarning ishlash tamoyili.

Lazer nurlanishi o'simliklarda ro'y beruvchi fotosintez hodisalarini o'rganishga asos soldi. Fotosintez – yorug'lik ta'sirida o'simlik barglarida, dengiz o'tlarida, ba'zi bakteriyalarda ro'y beruvchi murakkab biologik jarayondir. Fotosintez xlorofil molekullari, pigmentlar tomonidan yorug'likni yutishdan boshlanadi. Keyin yutilgan energiya ta'sir markazlari deb ataluvchi markazga uzatilib, u yerda zaryadlarning ajralishi ta'sirida oksidlanish - qaytarilish reaksiyalari uchun zamin yaratiladi. Bu jarayonlar $10^{-9} \div 10^{-12}$ s davomida sodir bo'lgani uchun lazerlar kashf etilguncha, ularni o'rganish imkoni yo'q edi. Fotosintez jarayonlarini tadqiq qilish uchun lazer spektrofilyuometri yaratilgan. Uning yordamida ta'sir markazlarining tuzilishi, fotosintezning o'tkinchi holatlarni yorug'likning yutilish jarayonlarini tadqiq qilindi.

3.6. Lazer nuri yordamida jarayonlarni nazorat qilish

Lidarlardan faqat o'simliklarnigina emas, atmosferani ham tadqiq qilishda foydalaniladi. Atmosferani lidar yordamida tadqiq qilish quyidagi rasmda ko'rsatilgan (3.34- rasm). Lazer nurlanishi tadqiq qilinayotgan sohaga yo'naltirib, fotoqabulqilgich yordamida bu sohadan sochilgan nurlanishni qabul qilib olinadi. Qaytgan nurlanishning spektral tarkibiga qarab atmosferada mavjud birikmalarning konsentratsiyasini aniqlash mumkin.

Atmosferani ifloslantiruvchi kimyoviy birikmalarni aniqlash uchun yorug'likni kombinatsion sochilishi hodidasidan foydalaniladi. Ma'lumki, atom va molekular tebranma harakatda bo'lib, tebranish chastotalari kimyoviy birikma uchun xosdir.

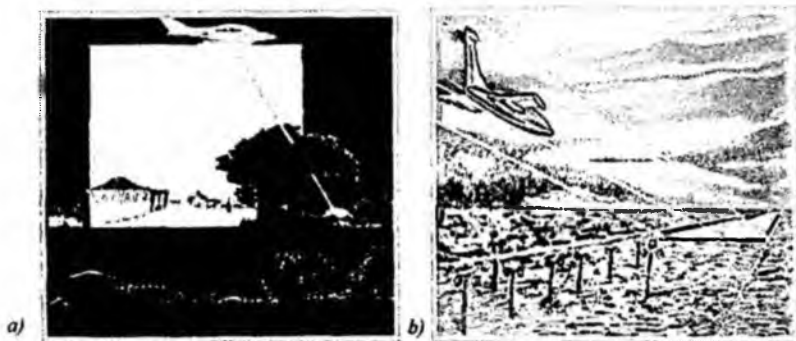


3.34 - rasm. Lazer yordamida atmosferani tadqiq qilish.

Eng sodda, ikki atomli molekula uchun bir tebranish chastotasiga ega bo'ladi. Bunday molekularning nurlanish chastotasi $\nu - \nu_m$ yoki $\nu + \nu_m$ qiymatga ega bo'lishi mumkin. Bu hodisa yorug'likning *kombinatsion sochilishi* deyiladi. Masalan, atmosferaga to'lqin uzunligi $\lambda = 694 \text{ nm}$ bo'lgan nurlanish yo'naltirilganda sochilgan nurlanishda to'lqin uzunliklari $\lambda = 798 \text{ nm}$ va $\lambda = 785 \text{ nm}$ bo'lgan nurlanish kuzatilgan bo'lsin. To'lqin uzunliklarining siljishi $\lambda = 798 - 694 = 104 \text{ nm}$, $\lambda = 785 - 694 = 91 \text{ nm}$ atmosferada *SO* va *NO* molekulari mavjudligidan dalolat beradi.

Atmosferadagi gazlarning tarkibini o'rganish uchun odatda yoqut lazeri nurlanishining ikkinchi **garmonikasi** $\lambda = 347 \text{ nm}$ qo'llaniladi. Lazer nurlanishini yutgan molekular, lazer nurlanishi chastotasidan farqli bo'lgan kichik chastotada nur **chiqaradi**. Lyuminesensiya nurlanishi chastotasi mazkur birikma uchun aniq qiymatlarga ega. Lyuminesensiya nurlanishining **spektral tarkibini o'rganib**, atmosferadagi birikmalarning **konsentratsiyasi aniqlanadi**. Lazer meteorologiyada temperatura,

namlik, zichlik, shamolning tezligi va yo'nalishini aniqlashda katta ahamiyatga ega, chunki ular yordamida uzoqdan turib kerakli sohadagi kattaliklar o'lchab olinadi. Lazer nurlanishining qat'iy yo'nalganligidan Mars va Venerani hamda samolyotlarni radiolokatsiya qilishda foydalaniladi (3.35 a - rasm). Qo'nish oldidan lazerdan foydalanish samolyot uchun ob-havo yomon paytlarida qo'l keladi, chunki samolyot qo'nish chog'ida trayektoriya bo'ylab silkinishlar bo'lishi kuzatiladi. Lazer nurlari esa uchuvchiga qo'nish yo'lakhasini aniq ko'rishga yordam beradi (3.35 b - rasm). Shuningdek, lazer nuridan ekologiyada foydalaniladi. Rangli lazerlar atmosfera holatini kuzatishga imkon beradi. Rivojlanib borayotgan mamlakatlar osmonida yig'ilib qolgan chang, tutunlarga lazerlar tushganda ularning rangi ko'rinadi. Ifloslanish darajasini lazerlarning nuri rangidan ajratib olish mumkin bo'ladi. Toza havoda lazer nurlari rangi ko'rinmaydi (3.26- rasm). Hozirgi vaqtda mikroelektronika sohasida ham lazerlar qo'llanilmoqda. Jumladan, lazer disklarga axborotni yozish va uni qayta tiklashga oid texnik qurilmalar yaratilgan (3.37- rasm).



3.35- rasm. a) Lazer nuri yordamida samolyotning uchish balandligini aniqlash. b) Lazer nuri yordamida samolyotni qo'ndirish.



3.36 - rasm. Ekologiyada lazer nuridan foydalanish.



3.37-rasm. Radiotexnikada lazerlardan foydalanish.

3 BOBNI O'ZLASHTIRISHDA USTOZ-SHOGIRD O'RTASIDAGI UCHINCHI SUHBAT

Ustoz. Nihoyat lazerlarning amaliyotda qo'llanilishi bo'limiga ham yetib keldik. Turmushimizning juda ko'p sohalarida qo'llanishidan o'zingizni ham xabaringiz bo'lishi kerak.

Shogird. Kitobning ushbu bo'limidagi ma'lumotlar juda qiziqarli ekan. Optik aloqa bo'limi bilan tanishganimda men uzoq o'ylanib qoldim. Meni bilganlarim bo'yicha aloqa vositalaridan hisoblangan telefon 1876-yili, radio esa 1895-yili kashf qilingan bo'lsa, turli hududlarda yashagan o'tmishdagi ajdod va avlodlarimiz qanday muloqot vositalaridan foydalangan ekan.

Ustoz. Mushohada qilishingiz juda o'rinli. Bu siz ko'targan masala barcha o'quvchilarni qiziqtirishi tabiiy albatta. Siz bilishni istagan ma'lumot uzoq tarixga ega. Ma'lumotlarga qaraganda qadim zamonlarda odamlar o'rtasidagi aloqa vositasi sifatida ularning ovozlari xizmat qilgan. O'zingizga ma'lum tovush havoda tez so'nadi va uzoq masofalarga yetib borolmaydi. Keyinchalik barabanlar va burg'ular sadosidan ham foydalanishgan. Bunday aloqa vositalarini bugungi fan tili bilan aytisak akustik usul deyish mumkin. Kunduz kunlari tutundan, kechalari esa yorqin alangalardan ham foydalanganlari bizga ma'lum. Keyinchalik XVIII asrda Quyosh nurini qaytaruvchi ko'zgularidan foydalanish asosida ishlaydigan optik telegraf va murakkab axborotlarni uzatish imkoniyatiga ega bo'lgan semafor qurilmalari yaratilgan.

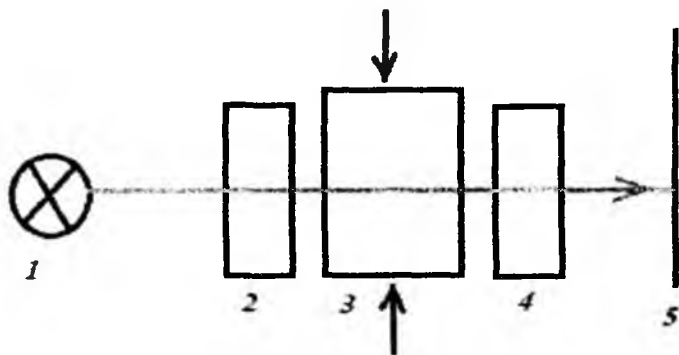
Shogird. Ustoz juda yaxshi ma'lumotga ega bo'ldim. Optik aloqa bo'limi bilan tanishganimda nurtola tushunchasiga duch keldim. Nurtolada ma'lumotlar qanday uzatiladi?

Ustoz. Nurtolalar to'g'risida alohida kitob yaratishni rejalashtirganmiz. Sizni qiziqtirgan nur uzatuvchi shisha tolalar yoki qisqacha nurtolalarda ma'lumotni uzatish ikki muhit chegarasidan yorug'likni to'la ichki qaytishiga asoslangan. Shisha tolaning diametri taxminan 100 mkm bo'lib, o'zak va uni o'rab olgan qobiqdan tashkil topgan. O'zakning sindirish ko'rsatkichi qobiqning sindirish ko'rsatkichidan biroz katta bo'lishi kerak.

Bugungi kunda dunyo miqyosida yutish koeffitsiyenti kichik bo'lgan nur tolalarni olish sohasidagi ishlar rivojlanib borib, nur tolalarni qo'llaniladigan sohalari kengayib bormoqda.

Shogird. Optik aloqa bo'limida sun'iy anizotropik tushunchasi ishlatilgan. Shu haqida ma'lumot bersangiz.

Ustoz. Oldingi bobdagi mavzularda anizotropik haqida ma'lumot berilgan edi. Ya'ni moddalarni izotrop va anizotrop xususiyatlarga ega bo'lgan muhitlarga ajratgan edik. Bu sohada siz yaxshi ma'lumotga egasiz. Gap sun'iy anizotropik xususida borar ekan qisqacha quyidagilarga e'tiboringizni qaratmoqchiman. Izotrop, ya'ni bir jinsli muhitni sun'iy ravishda anizotrop xususiyatga ega bo'lgan muhitga aylantirish mumkin ekan. Quyidagi usulni ko'rib chiqamiz. Agar izotrop xossalariga ega bo'lgan dielektrik muhit ma'lum bir kuch bilan yoki bosim bilan siqilsa (deformatsiyalansa) anizotrop xususiyatga ega bo'lib qoladi. Buni quyidagi tajriba yordamida tekshirib ko'rish mumkin.



Ushbu shakldagi 1- monoxromatik yorug'lik manbai hisoblangan lazer, 2- qutblagich, 3- optik izotrop xususiyatga ega bo'lgan jism, 4- qutblagich, 5- ekran.

Agarda (3) jismga tashqi kuch ta'sir etmasa (2) va (4) qutblagichlar optik o'qlari bo'yicha o'zaro perpendikular joylashgan bo'lsa, ekranda yorug'lik kuzatilmaydi. 3 jismga tashqi kuch bilan ta'sir qilsak, ya'ni rasmdagi strelka yo'nalishida deformatsiyalansak, u holda ushbu sistemadan yorug'lik o'tib,

deformatsiya natijasida optik izotrop jism anizotrop muhitga aylanadi va bu yorug'likni kristall ichida ikkilamchi sinishiga olib keladi. Ya'ni nur odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlarga ajraladi va ekranda yorug' dog' hosil bo'ladi.

Odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlarni sindirish ko'rsatkichi turlicha bo'lib $n_o - n_e \sim \sigma^2$ ga proporsional bo'ladi. σ – kuchlanish kattaligini xarakterlab, uning qiymatlari katta bo'lsa, bu qiymatning uning kvadrati kattaligi bo'yicha anizotropligi oshib boradi. Izotrop muhitni elektr yoki magnit maydoniga joylashtirish orqali ham sun'iy anizotroplikni hosil qilish mumkin.

Shogird. Kitobning ushbu qismiga tegishli bo'lgan ma'lumotlarni juda qiziqish bilan o'qib chiqdim. Chunki lazer nurini turmushimizning juda ko'p sohalarida qo'llanishini eshitib yurar edim. Lekin aniq tasavvurga ega emas edim. Hatto, kelajakda shu lazer fizikasi sohasi bo'yicha mutaxassis bo'lib, mustaqil O'zbekistonimiz fani rivojiga o'zimni hissamni qo'shish istagi ham paydo bo'ldi.

Shuning uchun ham menda ko'p savollarga o'rin qolmadi.

Ustoz. Ushbu o'quv adabiyoti sizning lazer nurlanishi va uning amaliyotdagi ahamiyati to'g'risidagi bilimingizni boyitishda ozmi - ko'pmi foydasi tekkan bo'lsa, biz maqsadimizga erishganimizdan xursandmiz.

IV BOB. LAZER NURI YORDAMIDA FIZIKANING OPTIKA BO'LMIGA OID NAMOYISH TAJRIBALARI

Fizikani chuqur o'rganadigan akademik litseylar imkoniyatidan kelib chiqib, quyidagi namoyish tajribalari tavsiya etilmoqda.

Fizikani o'qitish jarayonida talabalarning fikrlash qobiliyatini rivojlantirish nuqtayi nazaridan namoyish tajribalaridan unumli foydalanish ijodkorlik uchun turli shart - sharoitlarni yaratadi. Bizga ma'lumki, namoyish tajribalari nazariy xulosalarning to'g'riligini amaliy tekshirishda yetakchi o'rin egallaydi. Foydalanishdagi namoyish tajribalarining xarakteri turlicha bo'lib, tanlanish uslubi o'qitish mohiyatiga bog'liq bo'lishi bilan birga namoyish tajribalariga qo'yiladigan talablar asosida ko'rsatish maqsadga muvofiqdir.

Pedagogik tamoyillarga amal qilgan holda, quyida "Geometrik optika", "Yorug'lik interferensiyasi", "Yorug'lik difraksiyasi", "Yorug'likning qutblanishi" va "Lazer nurining xossalari va qo'llanilishi" ga oid namoyish tajribalarini optik kvant generatori (lazer) dan foydalangan holda ko'rib chiqamiz.

4.1. Geometrik optika bo'limiga oid namoyish tajribalar

1-namoyish tajriba. Yorug'likni to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonunini namoyish qilish

Maqsad: Bir jinsli muhitda yorug'likni to'g'ri chiziqli tarqalish qonunini namoyish qilish.

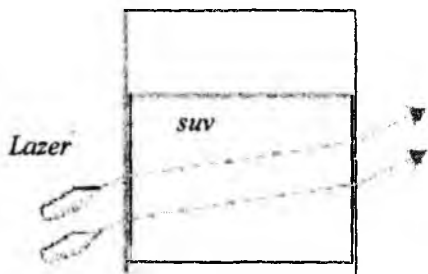
Qisqacha nazariyasi: Kuzatishlar va tajribalar asosida yorug'likning tarqalish qonunlari aniqlangan bo'lib, bunda yorug'lik nuri tushunchasidan foydalanganlar. Nur – bu yorug'lik tarqaladigan yo'nalishdir. Amalda yorug'lik nurlanishi uchun Ingholka tor yorug'lik dastalaridan foydalaniladi, ular kichkina

tirqishli ekranlar yordamida hosil qilinadi. Yorug'lik shaffof bir jinsli muhitda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bu qonunni tajriba yo'li bilan lazer nuridan foydalangan holda ko'rsatishimiz mumkin.

Kerakli jihozlar: Yarimo'tkazgichli lazer, suvli shisha idish.

Tajribani bajarish tartibi:

Muhitda yorug'likning sochilishini kuzatish uchun oddiy vodoprovod suvi bilan to'ldirilgan eni 20 sm, uzunligi 50 sm bo'lgan idishdan foydalaniladi. Idish kuzatuvchilar qatori bo'ylab joylashtiriladi. Talabalarni fikrini bir jinsli muhit bo'lgan suvli idishga qaratamiz. Suvga oz miqdorda sutni aralashtirib, lazer nuri yo'liga idishni qo'yamiz. Oz miqdorda sut aralashtirilgani uchun idish ichidan o'tayotgan lazer nurini sochilishini yorqinroq ko'rishimiz mumkin. Lazer nuri suvli idishda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalayotganligini ko'ramiz (4.1-rasm).



4.1-rasm.

Tajribani davom ettirib suvli idishning bir tomoniga konsentratsiyasi katta bo'lgan tuzni suvdagi eritmasini vronka yordamida quyamiz. Bu vaqtda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalayotgan lazer nuri optik zichligi o'zgargan joydan boshlab egrilanib harakat qiladi (4.2-rasm). Bundan ko'rinadiki, bir jinsli bo'lmagan muhitda lazer nurini muhitning optik zichligiga bog'liq ravishda to'g'ri chizikli tarqalishidan chetlashishi kuzatiladi.



4.2 - rasm.

Lazer nurini bir jinsli havoda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishini kuzatish uchun lazer nuri yo'liga tutun zarrachalarini yo'naltirsak, lazer nurini to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalishini ko'rishimiz mumkin.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, yorug'lik nuri bir jinsli muhitda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi, aksincha, bir jinsli bo'lmagan muhitda esa yorug'likni egrilanishini kuzatamiz.

2-namoyish tajriba. Yorug'likni qaytishi va sinish qonunlarini namoyish qilish

Maqsad: Yorug'likni qaytish va sinishini namoyish qilish.

Qisqacha nazariyasi: a) **Qaytish qonuni.** Kuzatishlarni ko'rsatishicha yorug'lik qaytganda doimo qaytish qonuni bajari-ladi: tushuvchi nur, qaytgan nur va ikki muhitning bo'linish chegarasida nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotadi. γ – qaytish burchagi, α – tushish burchagiga teng (4.3-rasm), ya'ni $\alpha = \gamma$.

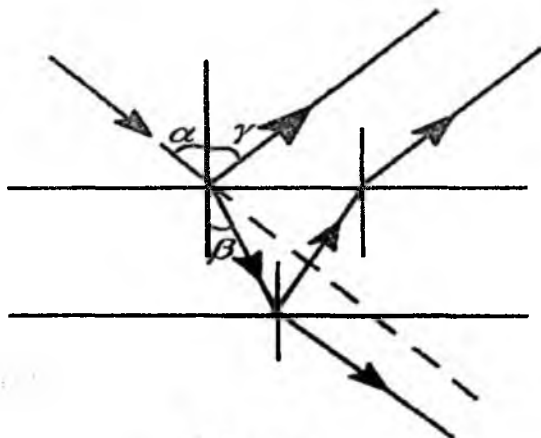


4.3-rasm.

Bu qonun istagan tabiatdagi to'liqlarning qaytish qonunlari bilan mos tushadi va Gyuygens tamoyilining natijasi sifatida hosil qilinish mumkin. Qaytish qonuni yorug'likni korpuskular nazariyasi bilan ham tushuntirilishi mumkin.

b) **Yorug'likni sinishi.** Yorug'lik bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda yorug'lik sinadi. Yorug'likni sinish qonuni eksperimental aniqlangan: unda tushuvchi nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit uchun o'zgarmas kattalikdir. Tushish burchagini - α , sinish burchagini - β bilan belgilaymiz (4.4 - rasm).

U holda yorug'likning sinish qonuni quyidagicha ifodalanadi:
 $\sin \alpha / \sin \beta = n$. Bunda n berilgan ikkala muhit uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan *nisbiy sindirish ko'rsatkichi* deyiladi.



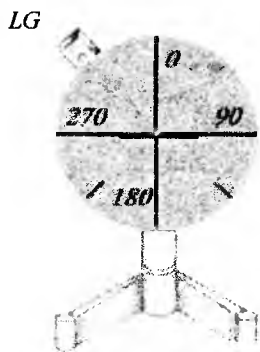
4.4-rasm.

Kerakli jihozlar: a) lazer o'rnatilgan optik disk, ko'zgu.

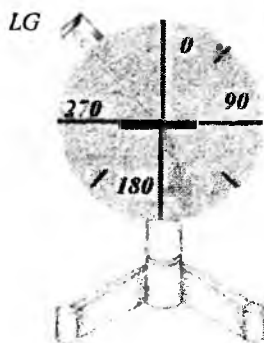
b) lazer o'rnatilgan optik disk, ikki tomoni parallel, qalinligi 1 sm atrofida bo'lgan shisha plastinka.

Tajribani bajarish tartibi:

a) Buning uchun *optik disk* deb ataluvchi maxsus asbobdan foydalanamiz. Bu oq doiradan iborat bo'lib, uning aylanasi bo'ylab bo'linmalar belgilangan. Diskning chetida surilma yoritgich - lazer o'rnatilgan, u yorug'lik kira olmaydigan g'ilof ichiga joylashtirilgan. G'ilofdagi kichik teshik orqali lazer nuri diskning markazida mahkamlangan jismga tushadi. Bunda biz tushgan va qaytgan nurlarni ko'ramiz. Tushayotgan lazer nurini burchagini o'zgartirib tajribani takrorlaymiz. Unda hamma hol uchun tushish burchagi qaytish burchagiga teng ekanligini kuzatamiz (4.5-rasm).



4.5 - rasm.



4.6 - rasm.

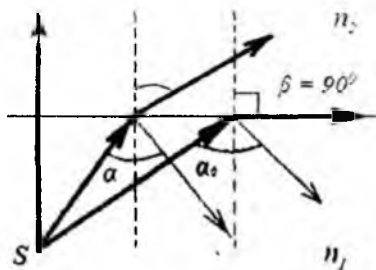
b) lazer nurini optik disk markaziga qo'yilgan shisha plastinkaga tushiramiz. Bunda biz yorug'likning ikki muhit chegarasida sinishini ko'rishimiz mumkin. Lazer nurini tushish burchagini o'zgartirib tajribani davom ettiramiz. Unda tushish burchagiga qarab singan nur burchagi ham sinish qonuniga asosan o'zgarishini kuzatishimiz mumkin (4.6-rasm).

Bu tajribalardan shunday xulosaga kelishimiz mumkinki, yorug'likni qaytish va sinish qonunlarini tajribada o'z isbotini qaytishini guvohi bo'lamiz.

3-namoyish tajriba. Yorug'likni to'la ichki qaytishini namoyish qilish

Maqsad: Yorug'likning ikki muhit chegarasida to'la ichki qaytish qonunini namoyish qilish.

Qisqacha nazariyasi: Yorug'lik nurining shisha, suv va shu singari muhitlardan havoga o'tishida ayrim qonuniyatlarni kuzatishimiz mumkin. Agar nurning suv bilan havo chegarasiga tushish burchagi α ni kattalashtirsak, unda biz singan nurning borgan sari suv betiga yaqin kelishini shu bilan birga borgan sari xiralashini, qaytgan nurni esa borgan sari ravshanlanishini ko'ramiz. Tushish burchagi ma'lum bir darajaga yetganida singan nur suv beti bo'ylab ketadi va juda zaiflashadi, qaytgan nur esa tushgan nurdek ravshan bo'lib qoladi (4.7-rasm). Bu holga mos kelgan tushish burchagini chegara burchak deyiladi. Tushish burchak yana kattalashganida singan nur bo'lmaydi, faqat qaytgan nurgina ko'rinadi. Chegaraviy burchakni tajribada topish yoki agar moddaning sindirish koeffitsiyenti ma'lum bo'lsa, hisoblash mumkin. Ya'ni $\sin \alpha / \sin \beta = n_2/n_1$, $n_2 < n_1$. Nur chegaraviy burchakka teng bo'lgan burchak hosil qilib tushsin.



4.7- rasm.

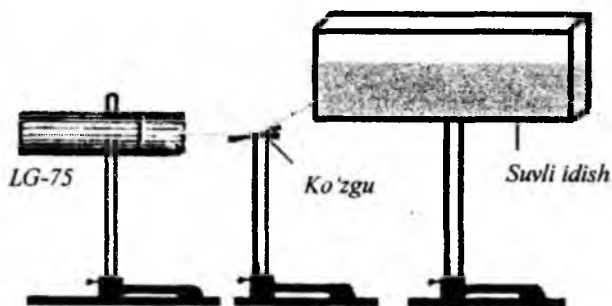
Bu burchakni α_0 bilan belgilaylik. Bu holda sinish burchagi $\beta = 90^\circ$ bo'lib, sindirish ko'rsatkichi $1/n$, ya'ni $\sin \alpha_0 / \sin 90^\circ = 1/n$ yoki $\sin \alpha_0 = 1/n$. Bu formula sindirish ko'rsatkichi katta

bo'lgan moddalarning chegara burchagi kichik bo'lishini ko'rsatadi. Suvning chegara burchagi 48° , shishaniki 42° ga teng.

Kerakli jihozlar: Lazer – LG- 75, ko'zgu, suvli idish, shtativ.

Tajribani bajarish tartibi:

Yorug'likning to'la ichki qaytish qonunini namoyish qilishda quyidagi qurilma yig'iladi (4.8- rasm). Unda yorug'lik manbai sifatida lazerdan foydalaniladi. Lazer nuri ko'zguna yo'naltiriladi. Ko'zgudan qaytgan nur suvli idish kyuvetaga yo'naltiriladi. Ko'zguni shunday holatini tanlab olinadiki, unda lazer nuri suyuqlik sirtidan pastga qaytadi.



4.8-rasm.

Bu hodisa yorug'likning to'la ichki qaytishini namoyon bo'lishini tasdiqlaydi.

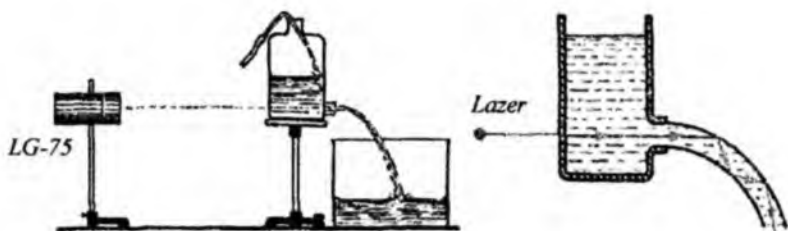
4-namoyish tajriba. Yorug'likning suv oqimida to'la ichki qaytishini namoyish qilish

Maqсад: Yorug'likning ikki muhit chegarasida to'la ichki qaytish qonunini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Lazer – LG- 75, suvli idish, shtativ.

Tajribani bajarish tartibi:

1. Rasmda ko'rsatilganidek qurilma yig'iladi (4.9-rasm).



4.9 - rasm.

Bunda idish lazer nuri yo‘liga shunday joylashtiriladiki, unda nur shisha idishdagi jo‘mrakdan chiqib, ekranga tushadi. Idishning jo‘mragini berkitib, rasmda ko‘rsatilganidek uni suv bilan to‘lg‘izamiz. Agar jo‘mrakni ochib yuborsak, lazer nuri suv oqimi bo‘ylab pastga qo‘yilgan idishga tusha boshlaydi. Suv oqimi lazer nuri qizil bo‘lgani uchun oqim yo‘nalishi qip-qizil bo‘lib idishga tusha boshlaydi. Idish davriy ravishda suv bilan to‘ldirib turilsa, bu holatni ma‘lum muddatgacha kuzatish mumkin. Bu tajriba o‘zining ko‘rgazmaliligi va jozibaliligi bilan talaba - o‘quvchilarni hayratlantiradi. Shuningdek, bu hodisaga rangli favvoralarni misol qilish mumkin.

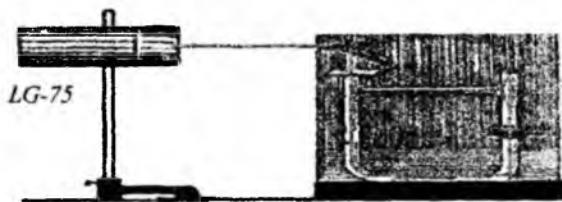
5-namoyish tajriba. Suvli “U” simon trubada yorug‘likning to‘la ichki qaytishini namoyish qilish

Muqsad: Yorug‘likning ikki muhit chegarasida to‘la ichki qaytish qonunini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Lazer - LG- 75, ko‘zgu, “U” ko‘rinishdagi suvli nay.

Tajribani bajarish tartibi:

Bu tajribani namoyish qilish uchun 4.10 - rasmda ko‘rsatilgan qurilma yig‘iladi. Lazerdan chiqqan nur ko‘zgu orqali “U” ko‘rinishdagi suvli nayga yo‘naltiriladi. Ko‘zguni shunday burchakka buramizki lazer nuri suvli shisha nay orqali harakatlanib, nayning ikkinchi tomonidan ko‘rinadi.



4.10 - rasm.

Lazer nurining suvli nay orqali harakatlanib chiqishi yorug'likning to'la ichki qaytish qonuni asosida ro'y berganining dalolatidir.

6 - namoyish tajriba. Shisha sterjenda yorug'likning to'la ichki qaytish qonunini namoyish qilish

Maqsad: Yorug'likning ikki muhit chegarasida to'la ichki qaytish qonunini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Lazer, nur tola, ekran.

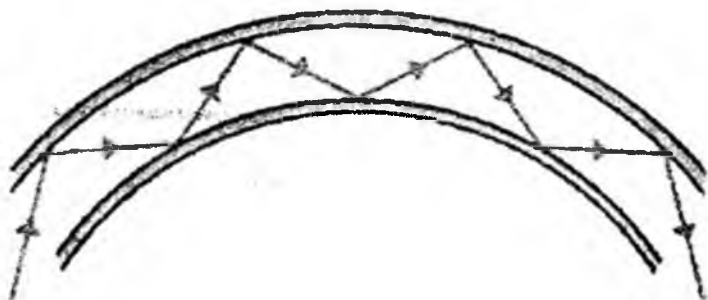
Tajribani bajarish tartibi:

Lazer nuri 4.11-rasmda ko'rsatilganidek nur tolaga yo'naltiriladi.



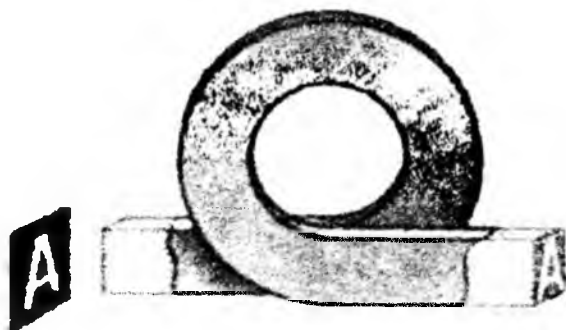
4.11-rasm.

Bunda lazer nurini nur tola bo'ylab murakkab harakatini kuzatishimiz mumkin (4.12 - rasm).



4.12-rasm.

Shishaning ikkinchi tomonidan chiqqan lazer nurini kuzatish uchun ekran o'rnatiladi. Nurtolani yarim doira qilib lazer nurini yo'naltirsak, u aylana bo'ylab harakatlanib ekranga tushadi. Bu tajribada shuni aytish mumkinki, ma'lum chegaraviy burchakda lazer nuri nurtolada to'la ichki qaytib ekranga tushadi. Agar uni yo'liga 4.13 - rasmda ko'rsatilganidek, *A* harfini joylashtirsak, numi chiqishida axborotni (*A*) uzatganini ko'ramiz.



4.13-rasm.

4.2. Yorug'lik interferensiyasiga tegishli namoyish tajribalar

Tabiatdagi yorug'lik hodisalarini kuzatganda interferensiya manzarasining hosil bo'lishi bu hodisaning to'liq tabiatli ekanligini ko'ramiz. Fransuz fizigi O.Frenel yorug'lik dastalari bilan bir qator tajribalarni o'tkazdi. Bu tajribalarda yorug'likning interferensiyasi, difraksiyasi va qutblanish hodisalarini kuzatdi. Bu hodisalarni faqat to'liq nazariyasi yordamida to'la-to'kis tushuntirish mumkin. Frenelning yorug'lik nurlarining to'liq tabiatli ekanligini *aniqlash* imkonini bergan ishlari hozirgi kungacha ham to'liq optikasining asosi hisoblanadi. Frenel yorug'lik nurida sodir bo'layotgan tebranishlar ko'ndalang bo'lishini aniq tajribalar yordamida isbot qildi. Bu o'sha vaqtdagi suyuqlik yoki gaz singari har qanday muhitdan o'tuvchi mexanikaviy efir haqidagi tasavvurlarga zid edi, chunki yorug'lik to'liqlari tarqaladigan bunday muhitda faqat bo'ylama to'liqlargina sodir bo'ladi. Keyinchalik bu ziddiyatni Maksvell qisman bartaraf etdi. U yorug'lik nurida mexanikaviy tebranishlar emas, balki $\vec{Y}\vec{E}$ va \vec{H} vektorlarning elektromagnit tebranishlari sodir bo'lishini ko'rsatdi. Yorug'likning interferensiyasi, difraksiyasi va qutblanishi hodisalarini hozirgi zamon yorug'lik manbai – lazer yordamida mukammalroq ko'rib chiqamiz.

7- namoyish tajriba. Frenel biprizmasi yordamida yorug'lik interferensiyasi

Maqsad: Yorug'lik interferensiya hodisasini Frenel biprizmasi yordamida namoyish qilish.

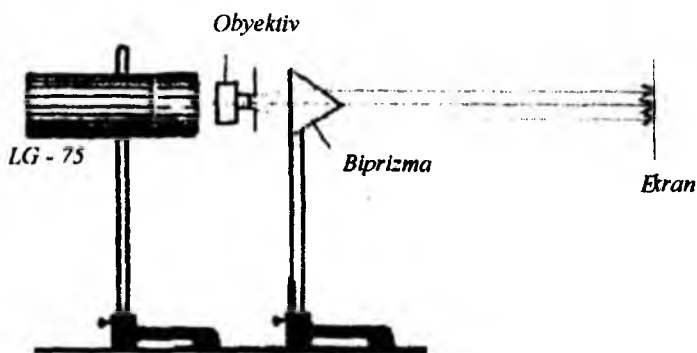
Kerakli jihozlar: LG - 75 lazeri, Frenel biprizmasi, ekran, obyektiv.

Qisqacha nazariyasi: Yorug'likning to'liq xossalari interferensiya hodisalarida yaqqol namoyon bo'ladi. Yorug'likning interferensiya hodisasiga quyidagicha ta'rif berish mumkin. Ikki ta **o'zaro** kogerent bo'lgan yorug'lik nurini qo'shilishi natijasida **natijalovchi** yorug'lik energiyasini kuchayishi yoki susayishiga **aytlladi**. Sovun ritmasi va moy rangsiz bo'lishiga qaramay sovun

pufaklarining va suvdagi yupqa moy dog'larining rangdor bo'lib ko'rinishi yorug'likning interferensiyasi natijasidir. Yorug'lik to'liqlari yupqa parda sirtidan qisman qaytadi, qisman uning ichiga kiradi. Pardaning ikkinchi chegarasidan to'liqlar qisman qaytadi. Yupqa pardaning ikkita sirtidan qaytgan yorug'lik to'liqlari bir yo'nalishda tarqaladi, lekin turlicha yo'l bosib o'tadi. Yurish yo'lining Δl farqi to'liq uzunligining butun soniga karrali bo'lganda, $\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}$ interferensiya manzarasi maksimumi kuzatiladi. Δl farq yarim to'liqlarning toq soniga teng bo'lganda, $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ interferensiya manzarasi minimumi kuzatiladi. Yorug'lik to'liqlari bir - birini kuchaytirish yoki susaytirishi uchun ular kogerent bo'lishlari kerak. Agar ikkala to'liq chastotalari teng bo'lsa va bu to'liqlarning fazalar farqi vaqt davomida o'zgarmas bo'lsa, bu to'liqlar *kogerent to'liqlar* deyiladi. Kogerent to'liqlarni olish usullaridan biri Frenel biprizmasidan foydalanib, amalga oshiriladi.

Tajribani bajarish tartibi:

Frenel biprizmasi – bir butun shisha bo'lagidan umumiy asosga ega bo'lgan ikkita prizma yasalgan bo'lib, ularning sindirish burchagi juda kichik kattalikka ega. Tajriba sxemasi 4.14-rasmda keltirilgan.



4.14-rasm.

Obyektiv yordamida lazer nurining ravshan yorug'lik dog'i hosil qilinadi. Uning yo'liga biprizmani joylashtiramiz. Bu biprizmaga lazer nuri tushsa, bu nurlar ikkala prizmada sinib, mavhum manbalardan chiqayotgandek tarqalib ekranga tushada va ekranda qora va qizil yo'llar ko'rinishidagi interferension manzarani ko'rishimiz mumkin.

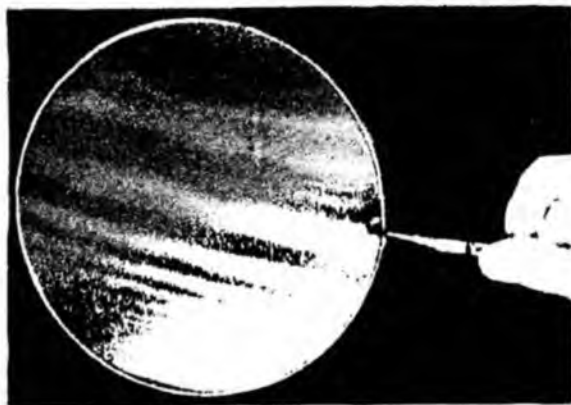
Shunday qilib, qizil nurlanishli lazer nuridan foydalan-ganimiz uchun monoxromatik yorug'likning ekranda navbat-lashuvchi qizil va qora yo'llar oilasi hosil bo'ladi.

8- namoyish tajriba. Yorug'likni yupqa slyuda plastinkasining ikkala sirtidan qaytishi

Maqsad: Yorug'lik interferensiya hodisasini yupqa slyuda plastinka yordamida namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, slyuda plastinkasi, ekran, obyektiv.

Qisqacha nazariyasi: Yupqa plyonkalar yorug'lik nurida har xil rangga bo'yalib ko'rinishi kundalik hayotda (masalan, suv sirtida yoyilgan yupqa moy pardalari, sovun pardasi) kuzatganmiz (4.15- rasm).

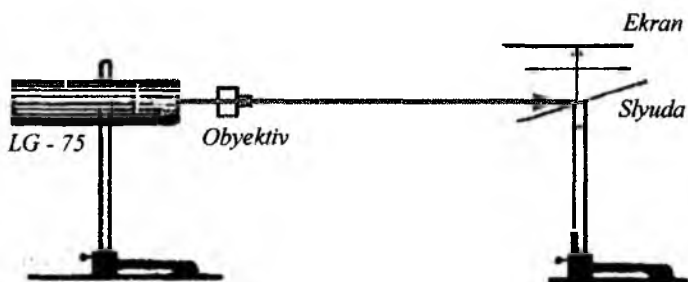


4.15 - rasm.

Bunday hodisani kuzatishimizga sabab yupqa plyonkalarda yorug'lik interferensiyasini ro'y berishi natijasidir. Ma'lum qalinlikdagi yupqa plyonkaga yorug'lik nuri ma'lum bir burchak ostida tushib, qandaydir burchakka singan bo'lsin. Tushayotgan nurning bir qismi plyonka sirtidan qaytadi, singan nurning bir qismi plyonkaning quyi chegarasidan qaytib, tashqariga chiqib ketadi. Plyonka sirtidan plyonkaga sinib o'tib, uning quyi chegarasida qisman qaytgan nur, plyonka sirtidan qaytgan nur bilan uchrashguncha ularning bosib o'tgan yo'llarida optik yo'l farqi hosil bo'ladi, ya'ni: $\Delta l = 2hn \cos r + \frac{\lambda}{2}$. Bu formuladi $\frac{\lambda}{2}$ - plyonkaning sirtidan qaytganda yarim to'liqin uzunligi yo'qotilishini ko'rsatadi, n - plyonkaning sindirish ko'rsatkichi bo'lib, plyonkani o'rab olgan havoning sindirish ko'rsatkichidan katta.

Tajribani bajarish tartibi:

Tajriba sxemasi 4.16-rasmda keltirilgan.



4.16-rasm.

Lazer nuri slyuda sirtidan plyonkaga sinib o'tib, uning quyi chegarasidan qisman qaytgan nur, plyonka sirtidan qaytgan nur bilan uchrashguncha ularning bosib o'tgan yo'llarida optik yo'l farqi hosil bo'ladi. Shu tufayli interferensiya apertura burchagi ham juda kichikdir, bunda kogerentlikning radiusi ortadi va interferensiya manzarasini olish sharoiti osonlashadi.

1-namoyish tajriba. Lloyd ko'zgusi yordamidagi interferensiya

Maqсад: Yorug'lik interferensiya hodisasini Lloyd ko'zgusi yordanida namoyish qilish.

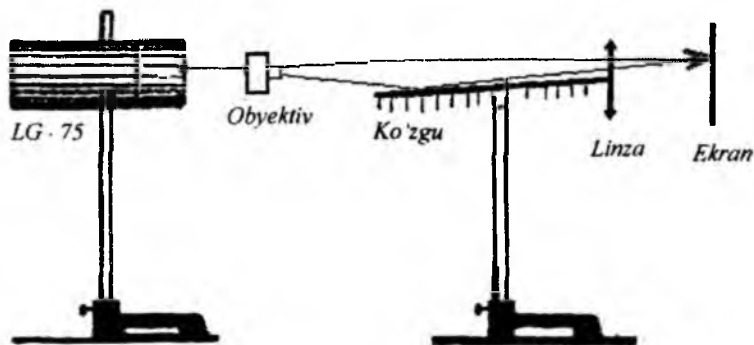
Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, Lloyd ko'zgusi, obyektiv, linza, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

Lloyd ko'zgusi bilan ko'rsatiladigan namoyish tajriba sxemasi 4.17- asmda keltirilgan.

Lazer nuri yo'lga obyektiv o'rnatilib, Lloyd ko'zgisiga yo'natiriladi.

Ko'zguni shunday o'rnatish kerakki, sochiluvchi yorug'lik dastasi ko'zgu sirtiga ozgina tegsin. Shundan so'ng undan qaytgan "shu'la" ekranga to'g'ri kelayotgan nurga ustma - ust tushuvchi va ekranda aniq manzara paydo bo'lgunicha ko'zgu buriladi.



4.17-rusm.

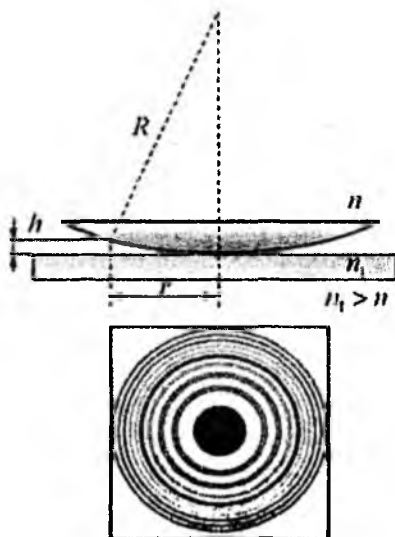
Interferensiya manzaralarining ko'rinuvchanligi yorug'likning ko'zguna tushish burchagiga bog'liq. Yorug'lik katta burchak ostida tushganda ekranda aniq qizil va qora takrorlanuvchi manzaralar hosil bo'ladi.

10-namoyish tajriba. Nyuton halqasi

Maqsad: Yorug'lik interferensiya hodisasini Nyuton halqasi yordamida namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, "Nyuton halqasi" qurilmasi, obyektiv, ekran.

Qisqacha nazariyasi: Yassi - qavariq linzani qavariq tomoni bilan yassi parallel plastinkani ustiga qo'yib (4.18-rasm), yorug'lik interferensiyasini kuzatish uchun ponosimon havo oralig'i hosil qilish mumkin.



4.18-rasm.

$r_m = \sqrt{mR\lambda}$, r_m – qorong' u halqalarning radiusi.

$r_n = \sqrt{nR\lambda}$, r_n – yorug' halqalarning radiusi.

Tajriba muvaffaqiyatli chiqish uchun linzaning qavariq sirti radiusi katta bo'lishi kerak. Agar linzaning yassi sirtiga perpendikular ravishda parallel monoxromatik nurlar dastasi yo'naltirilsa, u holda qaytgan yorug'likda galma - gal joylashgan

qorong' u va yorug' qizil halqalar aniq ko'rinadi (4.19-rasm). Bu halqalarni "Nyuton halqalari" deyiladi.

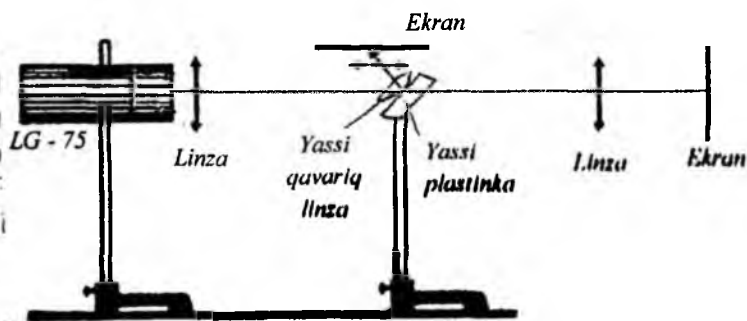


4.19- rasm.

Nyuton halqalari quyidagi tarzda hosil bo'ladi. I nur linza sirtining A nuqtasidan va yassi parallel plastinkaning V nuqtasidan qisman qaytadi (4.18-rasm). Qaytgan nurlar qo'shilganda interferensiyalanadi.

Tajribani bajarish tartibi:

Qurilma yassi qavariq linza va yassi plastinkadan iborat bo'lib, 3 ta sozlaydigan burama vint gardishga joylashtirilgan. Nyuton halqalarining namoyish qilmasining sxemasi 4.20 - rasmda berilgan.



4.20-rasm.

Qurilma kondensatorning bosh optik o'qiga shunday o'rnatiladiki, yorug'lik dastasi qurilmani to'la qoplasin. Qaytgan yorug'lik dastasi yo'lga obyektiv joylashtirilgan ekranga fokuslanadi va ekranda qizil va qora yo'lli interferens halqalari hosil bo'ladi.

Sozlovchi vintlardan foydalanib, halqa shakning havo oralig'iga bog'liqligini ko'rsatish mumkin. Bir vaqtning o'zida qaytgan va o'tgan yorug'lik interferensiyasi manzarasi ko'rsatish mumkin. O'tgan yorug'lik dastasi yo'lga ko'zga o'rnatib va qo'shimcha obyektiv yordamida qaytgan yorug'lik manzarasi yoniga o'tgan yorug'lik interferensiyasi manzarasini yonma-yon qilib fokuslash mumkin. Ikkala manzaralar bir - biriga o'shimcha ekanlar: biridagi maksimumlar o'rniga ikkinchisidagi minimumlar to'g'ri keladi va aksincha. Bu esa yorug'lik to'lqini o'q jihatdan zichroq muhitdan zichligi kamrog'iga qaytganda yo'llarqi $\frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'lishini tasdiqlaydi.

11-namoyish tajriba. Yassi parallel shisha qatnidan qaytgan yorug'likdagi interferensiya hodisaning namoyishi

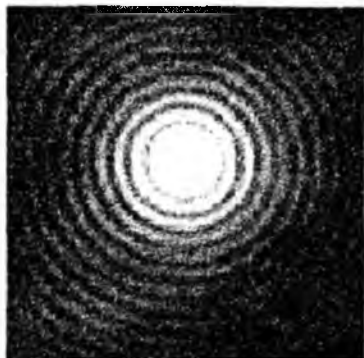
Maqsad: Yorug'lik interferensiya hodisasini yassi parallel shisha yordamida namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, mikroskop obyektivi, tirqishli ekran, shisha plastinkalar.

Tajribani bajarish tartibi:

Ushbu tajribani bajarish uchun lazer nurini o'rnatish uchun nur chiqish yo'lga obyektiv o'rnatiladi. Obyektivga yaqin qilib 50x50 sm bo'lgan ekran joylashtiriladi, uning markazida lazer nuri kengligida doiraviy teshik bo'lib, chiqayotgan lazer nuri bir metr uzoqlikdagi parallel yassi plastinkaga tushadi. Plastinkaning oldi va orqa sirtidan qaytgan nurlar ekranda ikki konsentrik aylanalarga ega bo'lgan qizil va qora interferensiya halqalari tizimini ko'ramiz.

Kuzatilgan halqalar teng og'ish halqalaridan iborat (4.21 - rasm).



4.21 - rasm.

Plastinka siljirilganda, interferensiya manzarasi o'lchamlari o'zgaradi, shuningdek, qizil va qora halqalar almashinadi. Yassi parallel plastinkani boshqa qalinlikdagi yassi parallel plastinka bilan almashtirilganda halqa o'lchamlari o'zgarishi hosil bo'ladi.

Agarda yassi parallel shaffof plastinka o'rniga oddiy shisha plastinka qo'yilganda, ekranda teng og'ishish va teng qalinlik polosalarining qo'shilishidan hosil bo'lgan ajoyib interferensiya polosalari hosil bo'ladi.

4.3. Yorug'lik difraksiyasiga tegishli namoyish tajribalar

Difraksiya hodisalarida ham interferensiyadagi kabi yorug'likning to'lqin xususiyati yaqqol namoyon bo'ladi. Geometrik optikada tavsif etilgan yorug'likning oddiy tarqalish qonunlaridan har qanday chetlashish difraksiya hodisasidan iboratdir. Yana to'siqning chetidan o'tishda yorug'lik tarqalishining to'g'ri nisbatli yo'nalishidan og'ish hodisasi yorug'lik difraksiyasi deyiladi. Tirqish yoki to'siqning o'lchamlari tushayotgan yorug'lik

nurining to‘lqin uzunligi qiymatiga yaqinlashganda difraksiya manzarasi aniq namoyon bo‘ladi.

Difraksiya manzarasining aniqligi interferensiyadagi kabi, to‘lqin nurlanishining kogerent xossalariga kuchli bog‘liqdir. Gaz razryad lazerlari yuqori darajada vaqtiy va fazoviy kogerentlik xossalariga ega bo‘lgani uchun ular difraksiya hodisalarini namoyish qilishda eng yaxshi yorug‘lik manbalari hisoblanadi. Lazer yordamida ikki tur, ya‘ni Frenel va Fraungofer difraksiyalarini namoyish qilish mumkin.

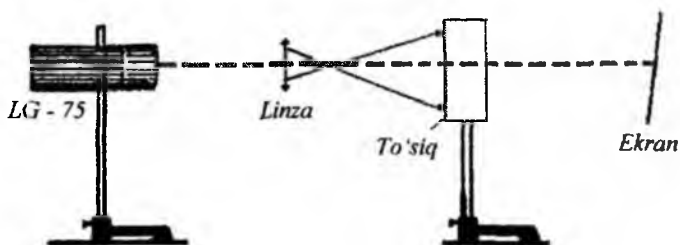
12-namoyish tajriba. To‘siq chekkasidagi Frenel difraksiyasi

Maqsad: Yorug‘lik difraksiya hodisasini to‘siq chetidan yorug‘likni to‘g‘ri chiziqli tarqalishidan og‘ishini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, fokus masofasi 10 sm bo‘lgan linza, chekkalari parallel bo‘lgan yassi to‘siq, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

To‘siq chekkasida difraksiyani kuzatish tajribaining sxemasi 4.22-rasmda berilgan.



4.22-rasm.

Sochiluvchi sferik to‘lqinni olish uchun mikroobyektiv bevosita lazerdan keyin joylashtiriladi, T to‘siq dastaning bir qismini yopadi. U oldin yorug‘lik dastasi tarqalishiga tik qilib o‘rnatiladi bunda difraksiya manzarasi ekranda kuzatiladi. Namoyish tajriba muvaffaqiyatli chiqish uchun to‘siq ko‘tarish moslamasi bo‘lgan stolchaga joylashtiriladi. Shunda to‘siq sistema

optik o'qiga tik yo'nalishda harakatlantirilsa, difraksiya manzarasining evolutsiyasini ko'rsatish va uni Frenel zonalari metodi natijasi bilan bog'lash mumkin. Geometrik soya sohasida navbatlashib keluvchi qora va qizil chiziqlarning hosil bo'lganini ko'ramiz.

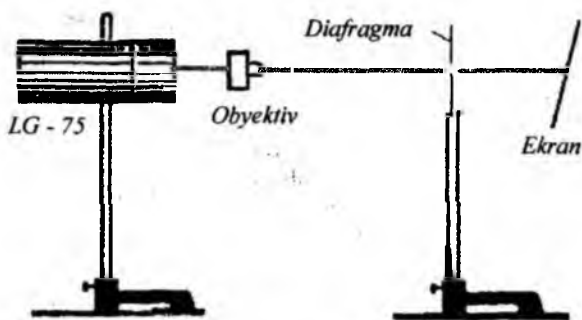
13- namoyish tajriba. Dumaloq teshikdagi Frenel difraksiyasi

Maqsad: Yorug'likni dumaloq teshikdan o'tishida difraksiya hodisasini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, mikroobyektiv, dumaloq teshikli diafragma, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

Mikroobyektiv fokusidan 1m masofada dumaloq teshikli diafragma o'rnatiladi (4.23-rasm).



4.23-rasm.

Difraksiya manzarasini ko'rish uchun ekranda uning kattalashtirilgan tasvirini olish kerak. Buning uchun ylg'uvchi linzadan foydalaniladi. Linza optik o'qi bo'ylab siljtiladi va ekranda ketma - ket konsentrik aylana shaklidagi difraksiya manzaralari aks etadi, ular teshikdan turli masofalarda hosil bo'ladi. Markaziy dog' navbatma-navbat, yo qizil yoki qorong'i bo'ladi. Shundan so'ng dumaloq teshik to'g'riburchakli tirqish

bilan almashtiriladi. Yig'uvchi linza o'z joyida qoladi, tirqish eni mikrometrik vint bilan $0,3$ dan $0,05\text{ sm}$ ga tekis o'zgartiriladi. Maksimal enli tirqish difraksiya manzarasi to'g'riburchakli tirqish ikki qirradi (chekyasi) dagi difraksiya manzaralaridan tashkil topadi. Tirqish toraytirilganda to'lqin sirtining yuzi kichrayadi. Tirqishning ma'lum bir enida difraksiya manzarasining turi tubdan o'zgaradi va to'lqiniy sirtini bo'linishidagi zonalar soni bilan aniqlanadi.



Dumaloq teshikdagi difraksiya

4.24-rasm.

Dumaloq teshik holidagi kabi juft zona soni qora markaziy polosa, toq soni esa qizil markaziy halqa hosil bo'lishini kuzatamiz (4.24-rasm). Tirqish toraytirilganida geometrik soya hosil bo'ladigan sohaga yondashgan polosalarda energiya taqsimoti o'zgaradi.

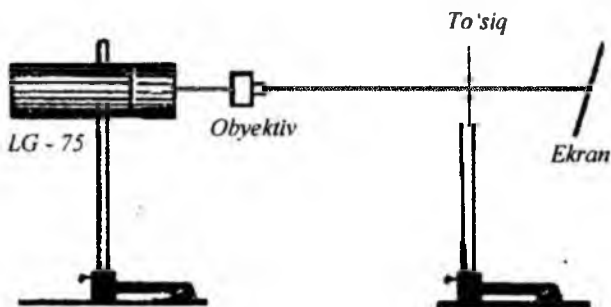
14- namoyish tajriba. Tola difraksiyasi

Maqsad: Yorug'lik difraksiya hodisasini tolali ramka orqali namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazери, mikroobyektiv, ramkaga o'rnatilgan metall tolali to'siq, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

Namoyish tajriba sxemasi quyidagi 4.25 - rasmda keltirilgan.



4.25-rasm.

Lazer nuri yo‘liga ingichka metall tola tortilgan ramka joylashtiriladi, bunda biz ekranda yorug‘lik difraksiyasini ko‘ramiz. Ekranda galma - gal joylashgan qorong‘u va yorug‘ yo‘llar hosil bo‘ladi, shu bilan birga tolaning markazi qarshisida yorug‘ polosa hosil bo‘ladi.

15 - namoyish tajriba. Tirqish difraksiyasi

Maqsad: Tirqish orqali yorug‘lik difraksiya hodisasini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG -75 lazeri, tirqish, ekran.

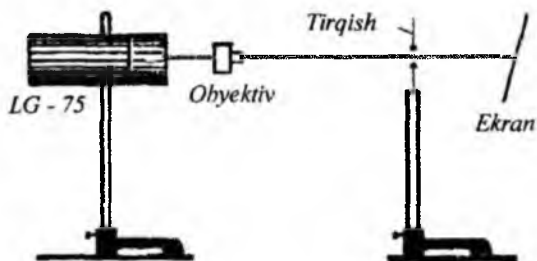
Tajribani bajarish tartibi:

Tajriba oldidan tirqish ochilib, yaxshilab changdan tozalanadi. Diametri $0,1-0,05 \text{ mm}$ tola yoki sim ramkaga tortiladi va mustahkam qilib mahkamlanadi. Avvalo ekranda tirqishning butun maydonining yoritilgan tasviri olinadi. So‘ngra tola va «tirqish darchasining» bir-biriga parallelligini saqlagan holda tirqishdan keyin, tola o‘rnatiladi. Tirqish sekin toraytirib boriladi va ekranda difraksiya spektri halqalari hosil bo‘ladi.

Ekran aylantirilib, tasvir «cho‘ziladi». Difraksiya spektrining o‘rta qismi qizil halqadan va undan chap va o‘ng tomonida navbatlanib keluvchi qora va yorug‘ qizil halqalar shaklida bo‘ladi.

Tirqish difraksiyasini namoyish qilish qurilmasining sxemasi 4.26 - rasmda keltirilgan.

Yorug'lik manbai, mikroobyektiv va birinchi tirqish $0,2 \text{ mm}$ ochilib, mikroobyektivning optik o'qida joylashtiriladi, bunda yorug'lik konusi tirqishni to'la qoplaydigan bo'lsin. Shundan so'ng birinчисiga aniq parallel qilib, optik o'qida ikkinchi tirqish joylashtiriladi.



4.26-rasm.

Buning uchun avvalo ikkinchi tirqish birinчисiga yaqinlashtiriladi va burish bilan parallellikka erishiladi, so'ngra uni birinchidan 150 mm masofaga siljiriladi.

Ikkinchi tirqishning ochiladigan vintini sekin aylantirib, yorug'likni tushishi kichraytiriladi va difraksiya manzarasi kuzatiladi. Avvalo ekranda chekkalari yoyilgan yorug' qizil halqa olinadi, tirqishni undan keyin toraytirilganda yorug' halqa eni va uning yoritilganligi kamayadi, difraksiya manzarasi hosil bo'ladi.

Agarda ikkinchi tirqishning yoriq tushish kattaligini sekin o'zgartirilsa, ekranda yorug' qizil halqa o'rtasida qora halqa paydo bo'ladi, so'ngra yo'qoladi. Ikkinchi tirqish enini o'zgarimas qoldirib, uni birinchiga nisbatan sekin siljitsa, xuddi shunday hodisani kuzatamiz. Gyuygens - Frenel usulidan foydalanib, markaziy maksimumga simmetrik ravishda joylashadi va maksimum va minimumlarning hosil bo'lishini tushuntirish mumkin.

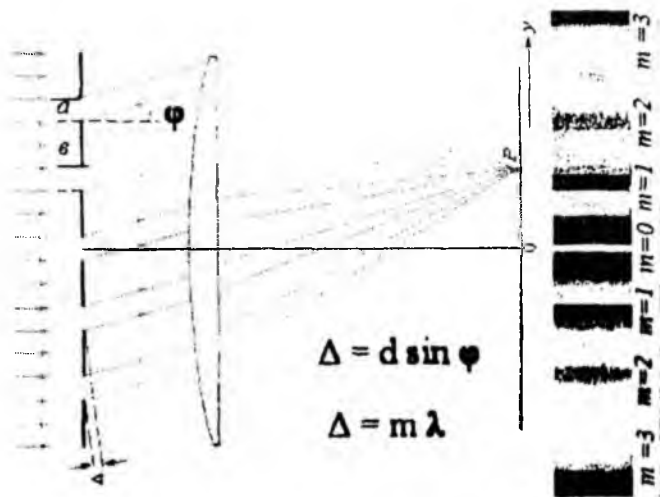
16 - namoyish tajriba. Difraksion panjara

Maqsad: Difraksion panjara yordamida yorug'lik difraksiya hodisasini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazeri, difraksion panjara, ekran.

Qisqacha nazariyasi: Yorug'lik difraksiyasi spektral asboblarda foydalaniladi. Ko'pgina spektral asboblarning asosiy elementlaridan biri *difraksion panjara* hisoblanadi. Odatda qaytaruvchi panjaradan foydalaniladi, ammo biz bir - biridan bir xil masofada joylashgan ustiga parallel noshaffof yo'llar sistemasi o'tkazilgan shaffof plastinkadan iborat panjaraning ishlash tamoyilini qarab chiqamiz. Panjaraga to'lqin fronti yassi bo'lgan monoxromatik to'lqin tushayotgan bo'lsin. Difraksiya natijasida yorug'lik har bir teshikdan faqat dastlabki yo'nalishida tarqalmay, balki boshqa hamma yo'nalishlarda tarqaladi.

Agar panjara orqasiga yig'uvchi linza qo'yilsa, u holda fokal tekislikdagi ekranda hamma tirqishdan chiqqan parallel nurlar bitta chiziqqa to'planadi (4.27- rasm).



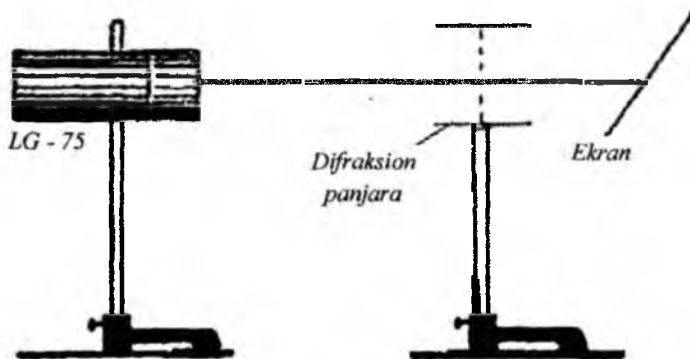
4.27- rasm.

Ikki qo'shni tirqish chetlaridan kelayotgan parallel nurlar $\Delta = d \sin \varphi$ optik yo'llar farqiga ega. Bir tirqishning boshlanishidan ikkinchi tirqishning boshlanishigacha bo'lgan masofa *panjara doimiysi* yoki uning *davri* deyiladi va d harfi bilan belgilanadi, bunda $d = a + v$ ga teng. φ – yorug'lik nurlarining panjara tekisligiga o'tkazilgan tikdan og'ish burchagi. Δ – optik yo'llar farqi to'lqin uzunliklarining butun soniga teng bo'lganda $d \sin \varphi = m \lambda$, bu yerda, λ – tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi, u holda ekranda yorug'likning interferension maksimumi kuzatiladi.

Difraksiya burchagi qizil rang uchun eng katta qiymatga ega, chunki qizil yorug'likning to'lqin uzunligi ko'rinadigan yorug'lik sohasida qolganlaridan katta. φ – difraksiya burchagi binafsha yorug'lik uchun eng kichik qiymatga ega.

Tajribani bajarish tartibi:

Tajriba qurilmasining sxemasi 4.28-rasmda berilgan.



4.28-rasm.

Difraksiyon panjara lazer nuri yo'liga parallel qilib joylashtiramiz. Difraksiyon panjaradan o'tgan lazer nuri ekranda o'rtasi qizil, undan chapda va o'ngda simmetrik joylashgan bir qator qizil va qora rangli difraksiya manzarasini kuzatamiz (4.29-rasm).



4.29 - rasm.

Ya'ni maksimum va minimumlardan iboratdir.

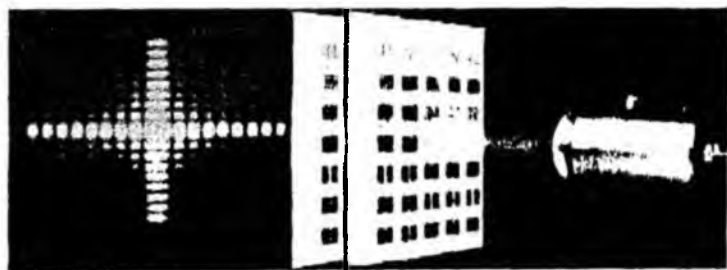
17- namoyish tajriba. Ikki o'lchamli panjaradagi difraksiya

Maqsad: Ikki o'lchamli difraksiyon panjara yordamida yorug'lik difraksiya hodisasini namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Yarimo'tkazgichli lazer, 1 mm. da 50 va 100 ta shtrixli difraksiyon panjara, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

Lazerdan kelayotgan yorug'lik nuri difraksiyon panjaraga tushadi. Navbati bilan difraksiyon panjaralar joylashtiriladi. Oldin tik shtrixli birinchi, so'ngra uni olib qo'yib, gorizontaal shtrixli ikkinchi panjara joylashtiriladi. Shundan so'ng ikkalasi birga taxlangan difraksiyon panjaralar shtrixlarini bir - biriga parallel qilib joylashtiriladi va optik o'qiga nisbatan panjaralardan biri lazer yorug'lik nuri atrofida aylantiriladi. Ekranda murakkab chiroyli spektrlarni kuzatamiz (4.30 - rasm).



4.30- rasm.

Panjara shtrixlari o'zaro tik bo'lganda aylantirish to'xtatiladi va halqacha ranglariga e'tibor beriladi: markazida qizil dog', uning o'ng va chap chetlarida qora halqalar bo'ladi hamda qizil va qora halqalar davriy takrorlanib boradi.

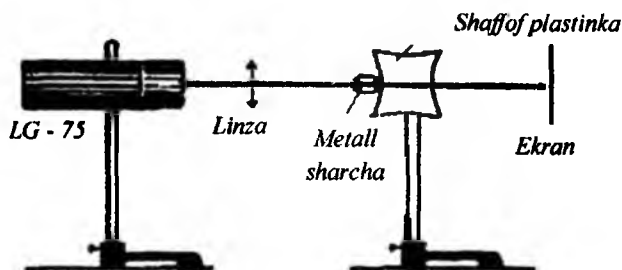
18 - namoyish tajriba. Metall shardagi yorug'lik difraksiyasi

Maqsad: Yorug'lik difraksiya hodisasini noshaffof shar yordamida namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: LG-75 lazери, linza, metall shar, shaffof plastinka, ekran.

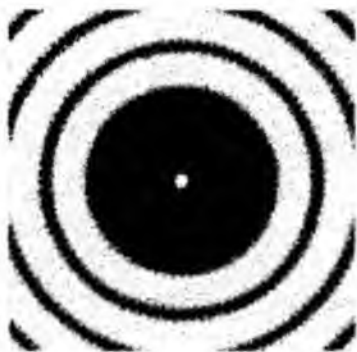
Tajribani bajarish tartibi:

Puasson dog'i. Ma'lumki, noshaffof ekrandagi Frenel difraksiyasi hamma vaqt difraksiya manzarasi markazida yorug' dog' - Puasson dog'ini hosil qiladi. Nazariyaning bunday qiziq xulosasini quyidagi namoyish tajriba bilan tasdiqlash mumkin. Yorug'lik manbai sifatida lazerdan foydalanamiz. Shaffof plastinka markaziga metall shar mahkamlanadi. Bunday difraksion ekranni shunday tayyorlash mumkin. Shaffof plastinka sifatida yupqa orgshisha parchasi olinadi, unga po'lat sharcha yelim yordamida yopishtiriladi. Sharcha yaqinidagi orgshisha toza va tinalgan joyi bo'lmasligi kerak (4.31- rasm). Aks holda, mayda qismlardagi yorug'lik difraksiyasi uni manzarasining mohiyatini buzib ko'rsatadi.



4.31 - rasm.

Natijada ekranda biz davriy almashinib keluvchi qora va qizil halqalarni ko'ramiz (4.32 - rasm).



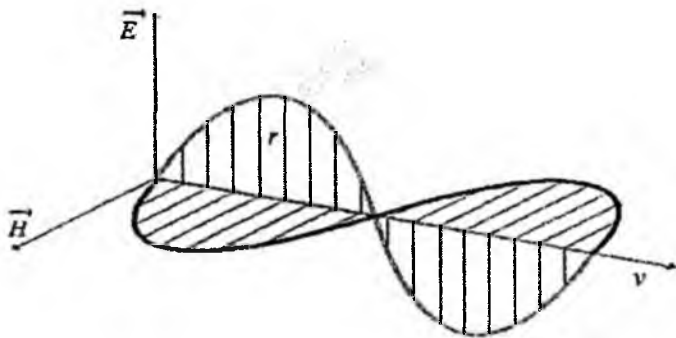
Shaffof bo'lmagan shardagi difraksiya

4.32- rasm.

Talabalar e'tiborini sharning orqasida soya hosil bo'lish o'rniga qizil halqa hosil bo'lganiga qaratish lozim.

4.4. Yorug'likning qutblanishiga tegishli namoyish tajribalar

Interferensiya va difraksiya hodisalari ham ko'ndalang, ham b'ylama to'liqlar uchun kuzatiladi. Shu bilan birga shunday hodisalar borki, ular uchun yorug'lik to'liqining ko'ndalang to'qin ekanligi muhim ahamiyatga egadir. Bunday hodisalar qatoriga yorug'likning qutblanishi kiradi. Soddalik uchun tebranayotgan elektr dipoli nurlanishini qarasak, u turli tomonga elektromagnit to'liqlar chiqarishini, bunda elektromagnit nurlanish yo'nalishi r ga perpendikular dipol o'qi tekisligida \overline{YE} kuchlanganlik vektorini tebranishini ko'ramiz. Magnit maydon kuchlanganlik vektori \overline{H} nur va \overline{YE} ga perpendikular tekislikda tebranadi (4.33 - rasm).



4.33-rasm.

Rasmga ko'ra qutblanish hodisasini to'la yoritish uchun \overline{YE} to'g'risida fikr yuritish yetarlidir. Buning sababi, birinchidan, Maksvell nazariyasiga binoan YE tebranayotgan tekislikka perpendikular tekislikda albatta \overline{H} ham tebranadi, ikkinchidan moddalarga \overline{YE} ning ta'siri \overline{H} ta'siridan ko'ra ko'proq bo'ladi. \overline{YE} – yorug'lik vektori deb ataladi.

Demak, biror jism nurlanayotgan yorug'likda yorug'lik vektori turli yo'nalishlarda bir xil ehtimollikda tebranadi. \overline{YE} ning turli yo'nalishlarida bir xil taqsimlanganligi nurlanayotgan atomlar sonining ko'pligidan, amplituda qiymatlarining tengligi har bir atom nurlanish intensivligini bir xilligidan kelib chiqadi.

Bunday yorug'lik – *tabiiy yorug'lik* deyiladi. Tebranish yo'nalishlari biror usul bilan tartibga keltirilgan yorug'lik *qutblangan yorug'lik* deyiladi.

Quyida biz yorug'likning qutblanishi hodisasi namoyon qiluvchi va yorug'likni to'liqin tabatini, yorug'likni ko'ndalangligini tasdiqlovchi namoyish tajribalarini lazer nuri yordamida ko'rib chiqamiz.

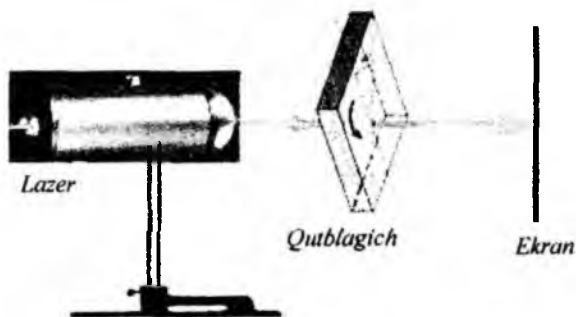
19-namoyish tajriba. Lazer nurini qutblanganligini namoyish qilish

Maqsad: Lazer nurini qutblanganligini polyaroid (qutblagich) yordamida namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Yarimo'tkazgichli lazer, qutblagich, ekran.

Tajribani bajarish tartibi:

Lazer nuri yo'liga qutblagich joylashtiramiz. Qutblagichni 0 dan 90^0 gacha orta borishida ular o'tkazayotgan nur asta - sekin susayadi. Va nihoyat ekranda lazer nurini o'tmaganligini ko'ramiz. Agar qutblagichni o'z o'qi atrofida aylanishini davom ettirsak, u holda ekranda lazer nurini ko'rishimiz mumkin (4.34-rasm). Bu holatda qutblovchi analizator vazifasini bajaradi, ya'ni lazer nuri ma'lum bir tekislikda qutblanganligini isbotlaydi.



4.34-rasm.

20-namoyish tajriba. Yorug'likni ikkiga ajralib sinishida qutblanish

Maqsad: Island shpati yordamida yorug'likni ikkiga ajralib sinishini lazer nuri orqali namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Yarimo'tkazgichli lazer, Island shpati, linza, ekran.

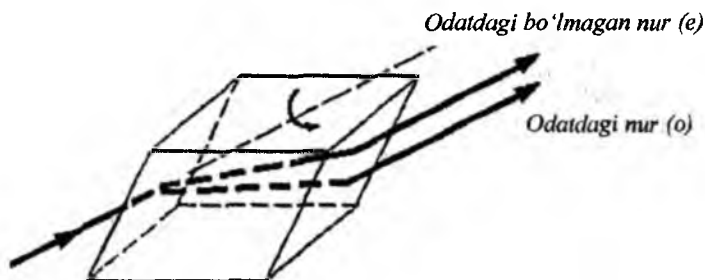
Qisqacha nazariyasi:

Fizik xususiyatlari yoʻnalishlariga bogʻliq boʻlmagan muhit *izotrop* muhit deb, aksincha, yoʻnalishlariga bogʻliq boʻlgan muhit *anizotrop* muhit deb ataladi. Izotrop muhitda yorugʻlikning sinishi quyidagi geometrik optika qonuniga boʻysunadi:

1. Singan nur, tushuvchi nur va tushish nuqtasiga oʻtkazilgan normal bir tekislikda yotadi.

2. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati aynan shu muhit uchun oʻzgarmas kattalik.

Anizotrop kristallarda (Island shpatida) yorugʻlik singanda manzara oʻzgacha boʻladi. Lazer nuri kristallga tushganda ikkiga ajraladi (4.35-rasm).



4.35-rasm.

Lazer nuri kristalldan chiqqach, tushgan lazer nuriga nisbatan parallel yoʻnalishda odatdagi nur va odatdagi boʻlmagan nurlarni kuzatishimiz mumkin. Island shpatida lazer nurining sinishi tekshirilganda quyidagilar aniqlangan:

- odatdagi nur geometrik optika qonuniga toʻliq boʻysunadi;
- odatdagi boʻlmagan nur esa geometrik optika qonuniga boʻysunmaydi.

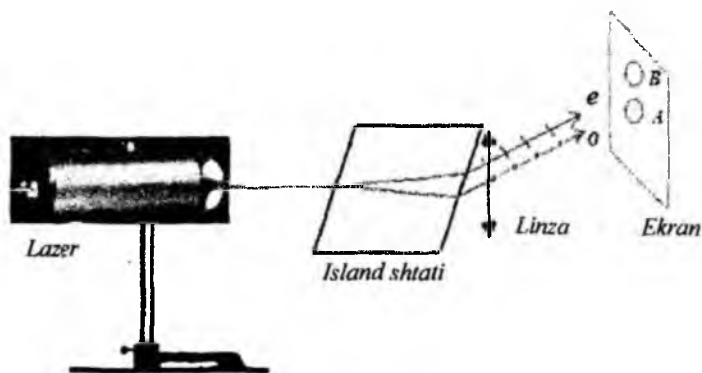
Tekshirishlarning koʻrsatishicha, odatdagi nur va odatdagi boʻlmagan nurlar yassi qutblangan boʻlar ekan. Lekin ularning tebranishlari oʻzaro perpendikular tekisliklarda sodir boʻladi. Bundan tashqari, Island shpatining odatdagi nur uchun sindirish koʻrsatkichi 1,658 ga, odatdagi boʻlmagan nur uchun esa sindirish

ko'rsatkichining qiymati nurning yo'nalishiga bog'liq bo'lib, kristallning optik o'qiga tik yo'nalishida 1,486 ga tengligi aniqlangan.

Island shpati bilan o'tkazilgan tajribalarda shu narsa ma'lum bo'ldiki, faqat kristallning optik o'qiga parallel ravishda lazer nuri tushgan taqdirda lazer nurining ikkiga ajralib sinishi kuzatilmas ekan. Boshqa barcha yo'nalishlarda nur ikkiga ajralib sinadi.

Tajribani bajarish tartibi:

Yuqorida aytilgan fizikaviy qonuniyatlarni namoyish tajribasi orqali ko'rsatish mumkin. Masalan, qutblangan lazer nurini Island shpatining yon tomoniga normal holda tushiramiz (4.36-rasm).

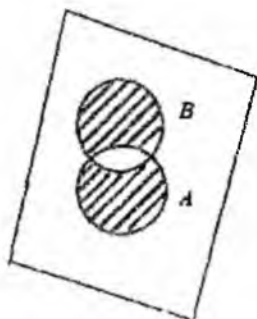


4.36-rasm.

Agar kristallning optik o'qi old tomoniga ham perpendikular ham parallel bo'lsa, odatdagi bo'lmagan nur kristall ichida burilib olib, kristalldan odatdagi nurga parallel holda chiqib ketadi. Ikkala nur ekranda o'ziga xos A va B yorug' doiralar hosil qiladi. Kristallni odatdagi nur yo'nalishidagi o'q atrofida aylantirilganda ekrandagi A doira qimirlamay qolaveradi, ammo B doira esa o'q atrofida raonda ko'rsatilgan aylana bo'ylab ko'chadi. Shu bilan birga ikki shu'laning ravshanligi o'zgaradi. Agar kristallning uning bosh ko'lini tushuvchi nurning qutblanish tekisligiga parallel qilib o'rnatilsa, ($\alpha = 0$) odatdagi nur maksimal ravshanlikka erishadi.

Odatdagi bo‘lmagan nur esa butunlay so‘nadi. Island shpatini burish natijasida odatdagi bo‘lmagan nur paydo bo‘ladi va 90^0 bo‘lganda maksimal ravshanlikka erishadi, bu holda odatdagi nur so‘nadi. 180^0 bo‘lganda odatdagi nur yana maksimal ravshanlikka ega bo‘lib qoladi, ammo odatdagi bo‘lmagan nur esa so‘nadi.

Ikkala nurdagi ravshanliklar yig‘indisining o‘zgarmay qolishini namoyish qilish mumkin. Buning uchun tushuvchi yorug‘lik shu‘lasini shunday olish kerakki, ekrandagi doirachalar qisman ustma-ust tushib, bir-birlarini biroz qoplaydigan bo‘lsin (4.37-rasm), u vaqtda Island shpatini aylantirganimizda doiralarning har birining ravshanligi o‘zgaradi, lekin ularning qo‘shilgan sohalari bir xil ravshanlikda qoladi.



4.37-rasm.

Ana shunday tajribalar asosida Island shpatining xossalari ta-labalarga ko‘rgazmali qilib ko‘rsatib berish imkoniga ega bo‘lamiz.

4.5. Lazer nurining xossalari va qo‘llanilishiga oid tajribalar

Aloqa texnikasining rivojlanishi, elektronikaning zamonaviy yutuqlari, elektromagnit to‘lqinlarining *sm* va *mm* lik diapazonini o‘zlashtirish ham hozirgi vaqtda ko‘payib borayotgan informatsiya talablariga javob bermay qoldi. Amaliyot, axborotning zichligi, uzatish chastotasining oshirilishi, aloqa kanallarini zichlashtirish

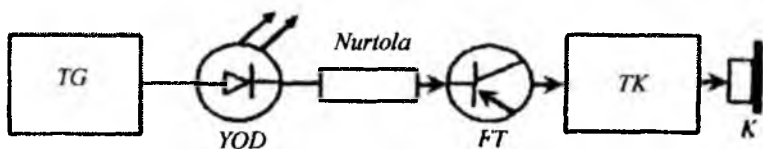
kabi muhim talablarini qo‘ymoqda. Shuning uchun ham mutaxassislar optik diapazonga e‘tibor bera boshladilar. Chunki O‘YUCH-diapazon o‘zlashtirilib olinganidan keyin axborotni uzatish optik diapazonga yetib keldi. Axborotni yorug‘lik signallari yordamida uzatish muammosi ko‘p vaqtdan beri mavjud. Talabalarga nur tolalar haqida ma‘lumot berish davomida qator namoyish tajribalarini o‘tkazish mumkin. Yorug‘lik to‘lqinlarida tovush uzatish aloqa sifatini yaxshilashi mumkin. Yorug‘lik to‘lqinlarida aloqa o‘rnatishda tovush tebranishlari yorug‘lik impulsiga aylantiriladi va ular nur tolalar bo‘ylab uzatiladi. Tovush signallarini nur tolalar bo‘ylab uzatish xususiyatini ochib beruvchi oddiy namoyish tajribalaridan ma‘ruza davomida foydalanish samarali natijalarga olib keladi.

21-namoyish tajriba. Nurtolalar yordamida axborotni uzatishni namoyish qilish

Maqsad: Lazer nurini modulatsiya qilib, nurtolalar yordamida axborotni uzatishni namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Tovush generatori (TG), yorug‘lik diodi (YOD), nurtola, fototranzistor (FT), past chastotali tovush kuchaytirgich (TK), karnay (K).

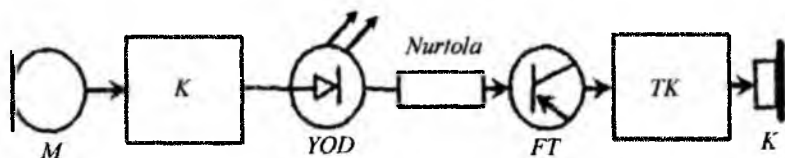
Tajribani bajarish tartibi:



4.38-rasm.

4.38 - rasmda ko‘rsatilganidek, TG- tovush generatorining chiqish nuqtasiga yorug‘lik diodi (YOD) ni ulaymiz. TK- kuchaytirgichning mikrofonli kirish nuqtasiga kremniyli fototranzistorni ulaymiz. Kuchaytirgichning chiqish nuqtasiga

karnay ulanadi. Yorug‘lik diodi va fototranzistor oralg‘iga nur tola joylashtiriladi. Generator ishga tushiriladi va tovush takroriyiligini sekin-asta oshirilib boriladi. Past takroriyliklarda yorug‘lik diodining yonib-o‘chishi kuzatiladi va karnayda tovush eshitiladi. Generator takroriyiligi o‘zgartirilganda tovush balandligi ham o‘zgaradi. Nurtola olib qo‘yilganda tovush balandligi sezilarli darajada kamayadi. Nurtolasi orqali tovush uzatishning mukammal ko‘rinishi quyidagicha (4.39-rasm).



4.39-rasm.

Mikrofon (*M*) gapiranimizda tovush kuchaytirgich (*TK*) yordamida kuchaytiriladi. Uning chiqish nuqtalariga yorug‘lik diodi (*YOD*) ulangan bo‘lib, gapirish vaqtida yorug‘lik diodining cho‘g‘lanishi minimumdan maksimumgacha o‘zgaradi. Modulyatsiyalangan tovush signallari nurtolasiga uzatiladi. Nur tolasidan chiqishda signal fototranzistorga (*FT*) tushadi. Tovush signallari fototranzistor orqali kuchaytirgichga uzatiladi. Kuchaytirgichga ulangan karnay (*K*) orqali tovushlarni eshitamiz. Qabul qilish va uzatish qurilmalarining har qanday joylanishida ham tovush aloqasini davriy o‘rnatish mumkin.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, hozirgi kunda nurtola optikasi tez sur‘atlar bilan rivojlanib bormoqda. Nurtolalarining qo‘llaniladigan sohalari: raqamli telefon tarmoqlari, kabel orqali ishlaydigan televideniye, hisoblash texnikasi, texnologik jara-yonlarni boshqarish va tashxis qilish tizimi va boshqalar.

22- namoyish tajriba. Infraqizil yorug'lik diodi yordamida tovush to'liqlarini uzatish

Maqsad: Infraqizil yorug'lik diodi yordamida tovush to'liqlarini modulatsiya qilish va uzatishni namoyish qilish.

Kerakli jihozlar: Tovush generatori (*TG*), mikrofon (*M*), yorug'lik diodi (*YOD*), nurlatki, fotodiod, past chastotali tovush kuchaytirgich (*TK*), linzalar (*L*), karnay (*K*).

Qisqacha nazariyasi:

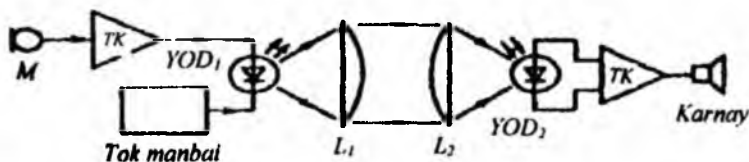
Bizga ma'lumki, axborotlarni uzatish hozirgi kunga kelib nihoyatda ortib bormoqda. Shuning uchun axborotlarni uzatish optik diapazonda amalga oshirish imkoniyatlari yaratilmoqda.

Lazer nurini modulatsiya qilish va tovush to'liqlarini uzatish murakkab va qimmatlidir. Yarim o'tkazgichli yorug'lik diodlarining kashf etilishi bu muammoni yechish imkoniyatlarini tug'dirdi. Infraqizil nurlanishda ishlaydigan yorug'lik diodi tovush to'liqlarini uzatish uchun eng maqbuli yorug'lik diodi ekanini tajribada isbotlandi.

Tajribani bajarish tartibi:

Quyidagi ko'rinishdagi blok sxema (4.40-rasm) asosida ikki tomonlama aloqani o'rnatish imkoni yaratildi.

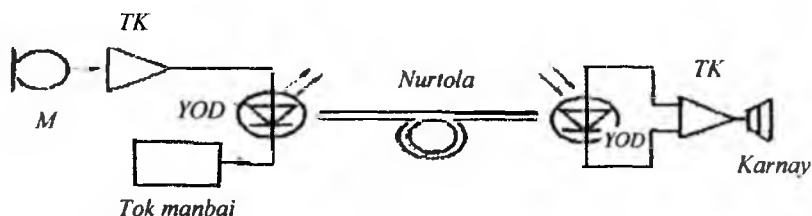
Mikrofon (*M*) orqali tovush (*TK*) kuchaytirgich orqali kuchaytirilib, yorug'lik diodiga (*YOD*) uzatiladi. Yorug'lik diodida modulatsiyalangan tovush linza (*L₁*) antenna orqali fokuslanib, (*L₂*) linzaga uzatiladi. Qabul qilingan nur *L₂* qabul qiluvchi antenna orqali linzaning fokusiga qo'yilgan yorug'lik diodi (*YOD₂*) ga tushadi va u tovush chastotasi kuchaytirgichda (*TCHK*) kuchaytirilib, karnay (*K*) ga uzatiladi.



4.40-rasm

Bir vaqtning o'zida ikki tomonlama aloqani o'rnatish uchun yorug'lik diodi ikki rejimda, ya'ni uzatuvchi-qabul qiluvchi maromda ishlash imkoniyatiga ega bo'ladi.

Uzatilayotgan axborotning sifati muhitning shaffofligiga bog'liqdir. Davriy aloqa sifatli bo'lishi 4.41-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishda nurtolar o'rnatilib aloqani yuqori sifatli amalga oshirish mumkin.



4.41-rasm.

Bunda uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarning qanday joylashgan bo'lishiga qaramay, sifatli aloqa o'rnatiladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda axborotlar nur tolalar yordamida amalga oshirilmoqda.

Shogird. Lazer nuri yordamida fizikaning optika bo'limiga tegishli namoyish tajribalari bilan tanishish jarayonida kerakli va qiziqarli ma'lumotlarga ega bo'ldim. Namoyish tajribalariga tegishli fizik jarayonlar ravon ifodalangan bo'lib, o'zlashtirish uchun yetarli izohlar berilganligi sababli ushbu bo'lim bo'yicha tushunmovchiliklar deyarli bo'lmadi.

GOLOSSARIY

ABSORBSIYAVIY SPEKTROSKOPIYA – ABSORB-SIYAVIY SPEKTROSKOPIYA – АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ – spektroskopiyaning ko‘rinuvchi, infra-qizil va ultrabinafsha nurlanishning yutilish spektrini o‘rganuvchi bo‘limi.

ADAPTIV OPTIKA – ADAPTIV OPTIKA – АДАПТИВНАЯ ОПТИКА – o‘zidan o‘tuvchi yorug‘likning to‘lqin fronti buzilishlarini o‘zi tuzatish xususiyatiga ega bo‘lgan optik tizim.

AJRATA OLISH QOBILIYATI – AJRATA OLISH QOBILIYATI – РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТ – optik tizimning buyumning bir - biriga yaqin ikki nuqtasini ayrim- ayrim tasvirlay olish qobiliyatini tavsiflovchi kattalik; ajrata olish limitiga teskari kattalik.

AKUSTIK GOLOGRAFIYA – AKUSTIK ГОЛОГРАФИЯ – АКУСТИЧЕСКАЯ ГОЛОГРАФИЯ – tovush maydonlarini yozib olish, qayta hosil qilish va o‘zgartirishning interferensiyaviy usuli.

AKUSTOOPTIK DIFRAKSIYA – AKUSTOOPTIK ДИФРАКЦИЯ – АКУСТООПТИЧЕСКАЯ ДИФРАКЦИЯ – muhitda ultratovush to‘lqinlari tarqalayotganida yorug‘likning muhit nobirjinsliklarida difraksiyasi.

ANGSTREM – ANGSTREM – atom fizika va molekular optikada qo‘llaniladigan va 10^{-10} m ga teng bo‘lgan tizimdan tashqari uzunlik birligi.

ANIZATROP JISM – ANIZATROP JISM – АНИЗАТРОПНАЯ ТЕЛО – fizikaviy xossalari unda tanlangan yo‘nalishga bog‘liq bo‘lgan modda.

ANIZATROP MUHIT – ANIZATROP MUHIT – АНИЗАТРОПНАЯ СРЕДА – fizikaviy xossalari unda tanlangan yo‘nalishga bog‘liq bo‘lgan muhit.

ANIZATROPIYA – ANIZATROPIYA – jism yoki maydon fizikaviy xossalarning yo‘nalishlarga bog‘liqligi.

ARALASH NURLANISH – ARALASH NURLANISH – СМЕШАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – har xil to‘r zarralardan yoki zarralar va kvantlardan tashkil topgan nurlanish.

ATOM SPEKTRI – ATOM SPEKTRI – АТОМНЫЙ СПЕКТР – erkin atomning energiya sathlari orasidagi kvant o‘tishlarda vujudga keluvchi yutilish spektri yoki chiqarish spektri.

ATOM VA MOLEKULANI UYG‘OTISH – ATOM VA MOLEKULANI UYG‘OTISH – ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМА И МОЛЕКУЛЫ – atom yoki molekulaning fotonlarini yutganida (fotouyg‘otish) yoki elektronlar va boshqa zarralar bilan to‘qnashganida (zarbiy uyg‘onish) pastroq energiya sathidan yuqoriroq energiya sathiga kvant o‘tishi.

ATOM VA MOLEKULANI UYG‘OTISH – ATOM VA MOLEKULANI UYG‘OTISH – ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМА И МОЛЕКУЛЫ – atom yoki molekulaning fotonlarni yutganida (fotouyg‘otish) yoki elektronlar va boshqa zarralar bilan to‘qnashganida (zarbiy uyg‘onish) pastroq energiya sathidan yuqoriroq energiya sathiga kvant o‘tishi.

ATOMNING BARQAROR HOLATI – АТОМНИНГ БАРҚАРОР HOLATI – СТАЦИОНАРНОЕ СОСТОЯНИЕ АТОМА – muayyan ichki energiyaga ega bo‘lsada, atom nurlanmasdan muvozanatda qoladigan holat.

ATOMNING NURLANISHI – АТОМНИНГ NURLANISHI – ИЗЛУЧЕНИЕ АТОМА – atomning uyg‘otilgan holatdan kichikroq energiyaviy holatga o‘tishi.

AYLANMA – TEBRANMA SPEKTR – АЙЛАНМА – ТЕБРАНМА SPEKTR – ВРАЩАТЕЛЬНО - КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ СПЕКТР – molekulalarning aylanma va tebranma harakatlari energiyasi o‘zgarishi bilan bog‘liq kvant o‘tishlar natijasida paydo bo‘ladigan spektr.

AYLANMA DISPERSIYA - AYLANMA DISPERSIYA -
ВРАЩАТЕЛЬНАЯ ДИСПЕРСИЯ - aylanish doimiysining yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligini ifodalovchi hamda aylanish doimiysidan to'lqin uzunlik bo'yicha olingan hosilaga teng bo'lgan kattalik.

AYLANMA SPEKTRLAR - AYLANMA SPEKTRLAR -
ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ - molekularning bir butun tarzda aylanishi bilan bog'liq bo'lgan molekulaviy spektrlar.

BAND QILINISH INVERSIYASI - BAND QILINISH
INVERSIYASI - ИНВЕРСИЯ НАСЕЛЕННОСТИ - moddaning uni tashkil etuvchi zarralarning yuqoriroq energiya sathlari pastki sathlariga nisbatan ko'proq band qilinganligi bilan bog'liq nomuvozanat holati.

BEIXTIYOR FOTON CHIQRARISH - BEIXTIYOR
FOTON CHIQRARISH - СПОНТАННОЕ ИСПУСКАНИЕ
ФОТОНА - tizimning tashqi elektromagnitik maydon bilan ta'sirlashuvi natijasida uyg'ongan holatdan kichik energiyali holatga o'tishi jarayonida fotonning kogerent chiqarilishi.

BIKO'ZGU - BIKO'ZGU - БИЗЕРКАЛО - nuqtaviy manbadan chiqqan yorug'lik 180° dan kichikroq burchak ostida joylashgan ikkita ko'zgudan qaytib, yorug'likning kogerent dastasini hosil qiluvchi asbob.

BIPRIZMA - BIPRIZMA - nuqtaviy manbadan chiqqan yorug'likning kichik sindirish burchakli, asoslari tutashtirilgan ikki prizma yordamida ikki dastaga ajratish orqali kogerent yorug'lik dastalari hosil qiluvchi asbob.

BIR O'QLI KRISTALL - BIR O'QLI KRISTALL -
ОДНООСНЫЙ КРИСТАЛЛ - faqat bitta o'qga ega bo'lgan kristall.

BIRLAMCHI NURLANISH - BIRLAMCHI NURLANISH -
ПЕРВИЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ - qaralayotgan o'zaro ta'sir jarayonida birlamchi bo'lgan yoki dastlabki deb olinadigan nurlanish.

BIRLIKLARNING PLANK TIZIMI – BIRLIKLARNING PLANK TIZIMI – СИСТЕМА ЕДИНИЦ ПЛАНКИ – asosiy birliklar sifatida yorug‘likning vakuumdagi tezligi, gravitatsiyaviy doimiy, Bolsman doimiysi va Plank doimiysi olingan birliklar tabiiy tizimi.

BRYUSTER BURCHAGI – BRYUSTER BURCHAGI – УГОЛ БРЮСТЕРА – dielektrik sirtidan qaytuvchi yorug‘likning to‘la qutblanadigan tushish burchagi.

BRYUSTER QONUNI – BRYUSTER QONUNI – ЗАКОН БРЮСТЕРА – dielektrik sirtidan qaytuvchi yorug‘likning to‘la qutblangan bo‘lishi uchun tabiiy (qutblanmagan) yorug‘likning tushish burchagi bilan dielektrikning sindirish ko‘rsatkichi orasidagi munosabat.

BO‘YOQDA ISHLOVCHI LAZER – BO‘YOQDA ISHLOVCHI LAZER – ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЕ – faol muhit sifatida qo‘shma bog‘lanishlar rivojlangan tizimiga ega bo‘lgan organik birikmalardan foydalaniladigan lazer.

DAMLASH – DAMLASH – НАКАЧКА – elektromagnit maydon va boshqa omillar yordamida moddada termodinamik muvozanatsiz holatlarni vujudga keltirish orqali uni faol muhitga aylantirish va nurlanish chiqarish xossasiga ega qilib qo‘yish jarayoni.

DIFRAKSIYA – DIFRAKSIYA – singan – to‘lqinlarning uchragan to‘siqlarni aylanib o‘tishi.

DIFRAKSIYA MANZARASI – DIFRAKSIYA MANZARASI – ДИФРАКЦИОННАЯ КАРТИНА – yorug‘lik difraksiyasi natijasida hosil bo‘luvchi yuqori va past jadallik yorug‘lik sohalarining muntazam navbatlashuvi.

DIFRAKSIYAVIY PANJARA – DIFRAKSIYAVIY PANJARA – ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЁТКА – ko‘p sonli elementlardan iborat davriy tuzilishni tashkil qiluvchi difraksiya spektrlarini olishda ishlatiladigan optik asbob.

DIFRAKSIYAVIY PANJARA DAVRI – DIFRAKSIYAVIY PANJARA DAVRI – ПЕРИОД ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ – qo'shni tirqishlar orasidagi tirqish va noshaffof oraliqning yig'indi kengligi.

DIFRAKSIYAVIY SOCHILISH – DIFRAKSIYAVIY SOCHILISH – ДИФРАКЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ – kelib uriluvchi zarralarni yutish qobiliyatiga ega bo'lgan adronlar va atom yadrolari tomonidan zarralarni o'ziga xos elastik (energiyasini va ichki holatini o'zgartirmagan holda) sochilishi.

DIOD – DIOD – elektrik tokni faqat bitta yo'nalishda o'tkazuvchi va elektrik zanjirga ulash uchun ikkita tutashuvga ega bo'lgan vakuum, yarimo'tkazgich va gazrazryad elektron asbob.

DISPERSIYA – DISPERSIYA – sochilish – tarkibiy qismlarga ajralish.

DISPERSIYA QONUNI – DISPERSIYA QONUNI – ЗАКОН ДИСПЕРСИИ – kvazizarra energiyasining kvazi impulsga bog'liqligi.

EKSIMER LAZER – EKSIMER LAZER – ЭКСИМЕРНЫЙ ЛАЗЕР – nurlanish eksimer molekularidagi elektron sathlararo o'tishlarda sodir bo'ladigan gaz lazer.

FAOL MODDA – FAOL MODDA – АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО – energiyaviy sathlarining invers egallaganligi natijasida elektromagnitik energiyasini kuchaytirishi mumkin bo'lgan modda.

FAOL MUHIT – FAOL MUHIT – АКТИВНАЯ СРЕДА – energiya sathlarining bandlanganligi inversiyasi amalga oshirilganligi tufayli elektromagnitik to'lqinlarning moddadan o'tishida ularning kuchayishi mumkin bo'lgan modda.

FIZIKAVIY QONUN – FIZIKAVIY QONUN – ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН – tajribada topilgan yoki tajriba ma'lumotlarini nazariy yo'l bilan umumlashtirish asosida o'rnatilgan bir fizikaviy kattalikning boshqasiga yoki sifatiy obyektiv bog'lanishi.

FOTOPLASTINKA – FOTOPLASTINKA – reaksiyasi plastinka yoki parda sirtiga surtilgan kumush galoidi yoki boshqa sezgir moddaning fotokimyoviy parchalanishida namoyon bo‘ladigan nurlanish qabul qilgichi.

FRENEL DIFRAKSIYASI – FRENEL DIFRAKSIYASI – ДИФРАКЦИЯ ФРЕНЕЛЯ – sferik to‘lqin frontiga ega bo‘lgan yorug‘lik to‘lqinlarining difraksiyasi.

GAZ DINAMIK LAZER – GAZ DINAMIK LAZER ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР – o‘tatovush tezligida harakatlanayotgan gazni adiabatik sovutish orqali yaratiladigan gaz lazer.

GAZ LAZER – GAZ LAZER – ГАЗОВЫЙ ЛАЗЕР – faol muhiti gazdan iborat bo‘lgan lazer.

GAZRAZRYAD LAZERLAR – GAZRAZRYAD LAZERLAR – ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАЗЕРЫ – faol muhitni shakllantirish uchun gazlardagi elektrik razryaddan foydalanadigan gaz lazerlarning keng tarqalgan sinfi.

GAZRAZRYAD YORUG‘LIK MANBALARI – GAZRAZRYAD YORUG‘LIK MANBALARI – ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА – gazdan yoki metall bug‘laridan elektrik tok o‘tganida elektrik energiya optik nurlanish energiyasiga aylanadigan asboblari.

GENERATSIYA (KVANT RADIOELEKTRONIKADA) – ГЕНЕРАЦИЯ (KVANT RADIOELEKTRONIKADA) – *lot.generatio* – *hosil bo‘lish* – teskari aloqa mavjud bo‘lganda majburiy yorug‘lik chiqarish natijasida kogerent elektromagnitik to‘lqinlarning hosil bo‘lishi.

GENERATSIYA BO‘SAG‘ASI – GENERATSIYA BO‘SAG‘ASI – ПОРОГ ГЕНЕРАЦИИ – nurlanuvchi kvant tizimning generatsiyalash takroriylikdagi energiyasining va shu takroriylikdagi energiya to‘la yo‘qotishlarining tenglik holati.

GENERATSIYA TAKRORIYLIGI – GENERATSIYA TAKRORIYLIGI – ЧАСТОТА ГЕНЕРАЦИИ – tizimning energetik o'tishiga mos kelgan takroriylik.

GENERATSIYA CHIZIG'INING KENGLIGI – GENERATSIYA CHIZIG'INING KENGLIGI – ШИРИНА ЛИНИИ ГЕНЕРАЦИИ – optik kvant generator nurlanish spektral chizig'ining uning yarim jadalligi sathida to'liq uzunlik yoki takroriylik birliklarida o'lchanadigan kengligi.

GEOMETRIK OPTIKA – GEOMETRIK OPTIKA – ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА – yorug'lik nurlari haqidagi tasavvurlar asosida yorug'lik nurlanishlarining tarqalish qonunlari o'rganiladigan optik bo'limi.

GEOMETRIK OPTIKA USULI – GEOMETRIK OPTIKA USULI – МЕТОД ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ – to'liq maydonlarini hisoblashning to'liq energiyasi tarqaladigan nur haqidagi tasavvurga tayanadigan taqribiy asimptotik usuli.

GOLOGRAFIK INTERFEROMETRIYA – GOLOGRAFIK INTERFEROMETRIYA – ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ – loqal bittasi golografik yozilgan va tiklangan to'liqlardan hosil bo'lgan interferensiya manzaralarini hosil qilish va talqin etish usuli.

GOLOGRAFIYA – GOLOGRAFIYA – to'liqlarning interferensiyasi asosida buyumlarning hajmiy tasvirini olish usuli.

GOLOGRAMMA – GOLOGRAMMA – buyum va tayanch to'liqlarning qo'shilishidan vujudga keluvchi va fotometriyada qayd qiluvchi interferensiya manzarasi.

GOLOGRAMMAVIY OPTIK ELEMENTLAR – GOLOGRAMMAVIY OPTIK ELEMENTLAR – ГОЛОГРАММНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ – to'liq maydonlarini fokuslash (gologrammaviy linzalar), dispersiyalash (difraksiyaviy panjara), qaytarish (ko'zgular), filtrlash, qutblash va boshqa turli o'zgartirishlarni ro'yobga chiqaruvchi gologrammalar.

IKKILANMA NUR SINISH KATTALIGI – IKKILANMA NUR SINISH KATTALIGI – ВЕЛИЧИНА ДВОЙНОГО ЛУЧЕПЕРЕЛОМЛЕНИЯ – g‘ayrioddiy va oddiy nurlar uchun sindirish ko‘rsatkichlarining ayirmasi.

INTERFERENSIYA – INTRFERENSIYA – to‘lqinlarning ustma - ust tushib, bir - birini kuchaytirishi yoki susaytirishi.

INTERFERENSIYA MANZARASI – INTRFERENSIYA MANZARASI – ИНТЕРФЕРЕНЦИОННАЯ КАРТИНА – kogerent yorug‘lik dastalarining qo‘shilishi natijasida hosil bo‘luvchi va past jadallikli yorug‘lik sohalarining muntazam navbatlashuvi.

INTERFERENSIYA YO‘LLARI – INTRFERENSIYA YO‘LLARI – ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ПОЛОСЫ – yorug‘lik interferensiyasida kuzatiladigan yorug‘ va qorong‘u yo‘llar tizimi.

INVERS BAND QILINGANLIK – INVERS BAND QILINGANLIK – lot.inversio – o‘rin almashtirish – ИНВЕРСНАЯ НАСЕЛЕННОСТЬ – muvozanatsiz holatda zarralar (atomlar, molekularlar va h.k.) ning aksariyati yuqori energiyali vaziyatda bo‘lishi.

KIMYOVIY LAZER – KIMYOVIY LAZER – ХИМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР – band qilishlar inversiyasi kimyoviy reaksiyalar natijasida vujudga keladigan gaz lazer.

KOGERENT NURLANISH – KOGERENT NURLANISH – КОГЕРЕНТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – tebranishlari vaqtga bog‘liq bo‘lmagan doimiy faza farqiga ega bo‘lgan elektromagnitlik nurlanish.

KOGERENT YORUG‘LIK TO‘LQINLARI – KOGERENT YORUG‘LIK TO‘LQINLARI – КОГЕРЕНТНЫЕ СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ – yorug‘lik tebranishlarida berilgan vaqt oralig‘ida doimiy fazalar farqiga ega bo‘luvchi yorug‘lik to‘lqinlari.

KOGERENTLIK – KOGERENTLIK – КОГЕРЕНТНОСТЬ – bir nechta tebranma yoki to‘lqin jarayonlarning ularning qo‘shilishida namoyon bo‘luvchi vaqt va fazoda uyg‘un kechishi.

LAMBERT QONUNI – LAMBERT QONUNI – ЗАКОН ЛАМБЕРТА – yorug‘lik sochuvchi (diffuz) sirtning ravshanligi barcha yo‘nalishlarda birday bo‘ladi, deb ta’kidlovchi qonun.

LAZER – LAZER – optik rezanatorida joylashgan faol muhitning majburiy nurlanishi natijasida kogerent elektromagnitik to‘lqinlar chiqaruvchi kvant generator.

LAZER TEXNOLOGIYA – LAZER TEXNOLOGIYA – ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – lazerlardan foydalanib, materiallar va buyumlarga ishlov berish yo‘llari va usullari majmui.

LAZER O‘TISH – LAZER O‘TISH – ЛАЗЕРНЫЙ ПЕРЕХОД – atom yoki molekula energiya sathlari orasida lazerning nurlanish generatsiyasini ta’minlaydigan o‘tish.

MAJBURIY NURLANISH – MAJBURIY NURLANISH – ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – uyg‘ongan holatdagi kvant tizimga tushuvchi tashqi nurlanish ta’sirida yuzaga keluvchi elektromagnitik nurlanish.

MAJBURIY TEBRANISHLAR – MAJBURIY TEBRANISHLAR – ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ – biror tizimda o‘zgaruvchan tashqi ta’sir ostida vujudga keluvchi tebranishlar.

MAJBURIY O‘TISH – MAJBURIY O‘TISH – ВЫНУЖДЕННЫЙ ПЕРЕХОД – kvant tizimning tashqi nurlanish ta’sirida yuqoriroq energiyali sathdan pastroq energiyali sathga o‘tishi.

MALYUS QONUNI – MALYUS QONUNI – ЗАКОН МАЛЮСА – chizg‘iy qutblangan yorug‘likning analizatoridan o‘tgandan keyingi jadalligi tushuvchi yorug‘likning qutblanish tekisligi bilan analizator tekisligi orasidagi burchakka bog‘liqligi.

MAZER – MAZER – kvant generatorlar va radio to‘lqinlarning kuchaytirgichlari uchun umumiy atama.

MONOXROMATIK NURLANISH – MONOXROMATIK NURLANISH – МОНОХРОМАТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – yorug‘lik tebranishlarining aniq bir takroriyligi bilan ifodalovchi elektromagnitik nurlanish.

MONOXROMATIK YORUG‘LIK – MONOXROMATIK YORUG‘LIK – МОНОХРОМАТИЧЕСКИЙ СВЕТ – inson ko‘zi bevosita qabul qilishi mumkin bo‘lgan takroriyliklar diapazonidagi monoxromatik nurlanish. Mutlaq qora jismning muvozanatliy nurlanish spektrida energiya taqsimlanishini ifodalovchi qonun.

NOBIRJINS MUHIT – NOBIRJINS MUHIT – НЕОДНОРОДНАЯ СРЕДА – muayyan fizikaviy xossalari koordinatalarga bog‘liq bo‘lgan muhit.

NOCHIZIG‘IY QUTBLANISH – NOCHIZIG‘IY QUTBLANISH – НЕЛИНЕЙНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ – muhit qutblanishining elektrik maydon va muhitda tarqalayotgan elektromagnitik to‘lqin kuchlanganliklarining nochizig‘iy funksiyasi bo‘lgan hamda elementar atom ossillyatorining jadal nurlanish ta‘siriga nogarmonik javobi bilan bog‘liq bo‘lgan qismi.

NURLANISH – NURLANISH – ИЗЛУЧЕНИЕ – 1) fazoda tarqalayotgan biror tabiatli to‘lqinlar yoki qandaydir zarralar oqimi; 2) biror fizikaviy tizimdan nurlanish chiqarish jarayoni.

NURLANISH QOBILIYATI – NURLANISH QOBILIYATI – ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ – jism sirti chiqargan elektromagnitik nurlanish quvvatining shu sirt sathiga hamda shu nurlanish qamrab olgan takroriyliklar oralig‘iga nisbati.

NYUTON HALQALARI – NYUTON HALQALARI – КОЛЁСА НЬЮТОНА – ikkita sferik sirtning yoki tekislik va sferaning tegishli nuqtalar atrofida halqalar shaklida konsentrik joylashgan birday qalinlikdagi interferensiyaviy yo‘llar.

OKULYAR – OKULYAR – lot. oculus – ko‘z – optik asbobning obyektiv hosil qilgan haqiqiy tasvimi qarashga xizmat qiluvchi, kuzatuvchi ko‘ziga qaragan qismi.

OLDINGI FOKUS MASOFA – OLDINGI FOKUS MASOFA – ПЕРЕДНИЕ ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ – oldingi asosiy nuqtadan oldingi fokusgacha bo'lgan masofa.

OPTIK ANALIZATOR – OPTIK ANALIZATOR – ОПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР – yorug'likning qutblanish tabiatini tahlil qilish qurilmasi.

OPTIK ANIZATROPIYA – OPTIK ANIZATROPIYA – ОПТИЧЕСКАЯ АНИЗАТРОПИЯ – muhitda optik nurlanish (yorug'lik) ning tarqalish yo'nalishiga va qutblanishiga bog'liq tarzda muhit optik xossalarning turlicha bo'lishi.

OPTIK BIR JINSLI MUHIT – OPTIK BIR JINSLI MUHIT – ОПТИЧЕСКАЯ ОДНОРОДНАЯ СРЕДА – sindirish koeffitsiyenti koordinataga bog'liq bo'lmagan muhit.

OPTIK DAMLASH – OPTIK DAMLASH – ОПТИЧЕСКАЯ НАКАЧКА – optik diapazondagi elektromagnitlik nurlanish yordamida damlash.

OPTIK FAOL MODDA – OPTIK FAOL MODDA – ОПТИЧЕСКОЕ АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО – o'zidan o'tayotgan yorug'likning qutblanish tekisligini burish qobiliyatiga ega bo'lgan modda.

OPTIK FAOLLIK – OPTIK FAOLLIK – ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ – muhitning o'zidan o'tayotgan yorug'likning qutblanish tekisligini burish qobiliyati.

OPTIK IZOTROP MUHIT – OPTIK IZOTROP MUHIT – ОПТИЧЕСКАЯ ИЗОТРОПНАЯ СРЕДА – yorug'likning tarqalish tezligi barcha yo'nalishlarda birday bo'ladigan muhit.

OPTIK KUCH – OPTIK KUCH – ОПТИЧЕСКАЯ СИЛА – simmetrik bo'lgan linzalar va shunday linzalar tizimining shakllanish qobiliyati tasvir fazosi sindirish koeffitsiyentining orqa masofaga nisbatiga teng kattalik.

ОПТИК КВАНТ GENERATOR – OPTIK KVANT GENERATOR – ОПТИЧЕСКИЙ КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР – optik diapazonda kogerent nurlanish hosil qiluvchi kvant generator.

ОПТИК КВАНТ GENERATOR – OPTIK KVANT ГЕНЕРАТОР – ОПТИЧЕСКИЙ КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР – optik diapazonda kogerent nurlanish hosil qiluvchi kvant generator.

ОПТИК КВАНТ GENERATORNING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTI – OPTIK KVANT GENERATORNING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTI – КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ОПТИЧЕСКОГО КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА – nurluvchi optik kvant generator quvvatining uyg'onish manbai quvvatiga nisbati.

ОПТИК LINZA – OPTIK LINZA – ОПТИЧЕСКАЯ ЛИНЗА – yorug'lik nurlarini sindiruvchi ikki sirt bilan chegaralangan, buyumlarning optik tasvirini shakllantirish qobiliyatiga ega bo'lgan shaffof jisim.

ОПТИК NURLANISH – OPTIK NURLANISH – ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – to'liq uzunliklari infraqizil, ko'rinuvchi va ultrabinafsha spektr diapazonlarda yotuvchi elektromagnitik nurlanish.

ОПТИК NURLANISH OQIMI – OPTIK NURLANISH OQIMI – ПОТОК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ – optik nurlanishning yorug'lik tebranishlari davridan ancha katta vaqt ichidagi o'rtacha quvvati.

ОПТИК NURLANISHNI KUCHAYTIRISH – OPTIK NURLANISHNI KUCHAYTIRISH – УСИЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ – maxsus qurilmalar yordamida optik nurlanish quvvatini yoki ravshanligini oshirish.

ОПТИК PRIZMALAR – OPTIK PRIZMALAR – ОПТИЧЕСКИЕ ПРИЗМЫ – optik nurlanishning biror takroriyliklari intervalida shaffof bo'lgan materiallardan yasalgan prizmalar.

ОПТИК РЕЗОНАТОР – OPTIK REZENATOR – ОПТИЧЕСКИЙ РЕЗОНАТОР – oralaridagi sohada turg'un yoki yuguruvchi yorug'lik to'lqinlari uyg'otilishi mumkin bo'lgan ko'zgular majmui.

ОПТИК SILLIQ SIRT – OPTIK SILLIQ SIRT – ОПТИЧЕСКИ ГЛАДКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ – sirt bo'ylab yorug'likning to'lqin uzunligicha masofaga o'tilganda uning egrilik radiusi to'lqin uzunlikka nisbatan kichikroq o'zgaradigan sirt.

ОПТИК СПЕКТР – OPTIK SPEKTR – ОПТИЧЕСКИЙ СПЕКТР – ko'rinuvchi yorug'likni hamda infraqizil va ultrabinafsha nurlanishi o'z ichiga oluvchi elektromagnitik to'lqinlar majmui.

ОПТИК TAGLIK – OPTIK TAGLIK – ОПТИЧЕСКАЯ СКАМЬЯ – optik asboblarni joylashtirish va sozlash moslamasi.

ОПТИК TASVIR – OPTIK TASVIR – ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ – obyekt chiqarayotgan nurlarga optik tizimning ta'siri natijasida hosil bo'luvchi hamda obyektning konturi va qismlarini yasovchi manzara.

ОПТИК TIZIM – OPTIK TIZIM – ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – yorug'lik manbalarining yorug'lik oqimlarini boshqarishi hamda buyumlarning optik tasvirlarini hosil qilish uchun muayyan tarzda yig'ilgan linzalar, ko'zgular, prizmalar va h.k. majmui.

ОПТИК TOLA (NURTOLA) – OPTIK TOLA – ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО – shisha tola o'zakdan iborat bo'lgan, yorug'lik nurlari ichki qaytarish tufayli asosan tola o'zidan tarqalishi uchun o'zak sindirish ko'rsatkichini kichikroq qobliga o'ralgan yorug'lik o'tkazgich.

ОПТИК YO'L – OPTIK YO'L – ОПТИЧЕСКИЙ ПУТЬ – yorug'lik to'lqini muayyan muhitda o'tgan yo'lining shu muhit egriligi ko'rsatkichiga ko'paytmasi.

ОПТИК ZATVOR – OPTIK ZATVOR – ОПТИЧЕСКИЙ ЗАТВОР – yorug‘lik oqimini oldindan belgilangan vaqt ichida o‘tkazish yoki o‘tkazmaslikni ta‘minlovchi qurilma.

ОПТИК YIG‘GICH – OPTIK YIG‘GICH – ОПТИЧЕСКИЙ КОНЦЕНТРАТОР – yorug‘lik jadalligini oshirish uchun ishlatuvchi qurilma.

POLYAROID – POLYAROID – yunon. *polos* – qutb va *edios* – *ko‘rinish* – yupqa optik qutblanish pardasi.

QATTIQ JISMLI LAZER – QATTIQ JISMLI LAZER – ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР – faol muhiti qattiq jismdan iborat lazer.

QAYTARGIYA PRIZMALAR – QAYTARGICH PRIZMALAR – ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ПРИЗМЫ – prizmaga kirgan optik nurlanish (yorug‘lik) uni cheklovchi bitta yoki bir nechta sayqallangan yassi sirtlar (yoqlar) dan qaytishi bilan tavsiflanuvchi optik prizmalar guruhlaridan biri.

QAYTARISH BURCHAGI – QAYTARISH BURCHAGI – УГОЛ ОТРАЖЕНИЯ – qaytgan to‘lqinning tarqalish yo‘nalishi bilan ikki muhitning to‘lqin qaytishi sodir bo‘layotgan bo‘linish sirtiga tik orasidagi burchak.

QAYTISH QONUNI – QAYTISH QONUNI – ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ – yorug‘lik nurlari (to‘lqinlar) ning ikki muhitni ajratuvchi silliq sirdan qaytishi yo‘nalishini aniqlovchi qonun; a) qaytish burchagi tushish burchagiga teng bo‘ladi; b) tushayotgan, qaytayotgan nur va qaytaruvchi sirtga tushirilgan tik chiziq bitta tekislikda joylashadi.

QUTBLAGICH – QUTBLAGICH – ПОЛЯРИЗАТОР – tabiiy yorug‘likni qutblangan yorug‘likka aylantiruvchi qurilma.

QUTBLANGAN YORUG‘LIK – QUTBLANGAN YORUG‘LIK – ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ – elektrik va magnitik vektorlar yo‘nalishlarida tartib mavjud bo‘lgan yorug‘lik.

RAYSHANLIK – RAYSHANLIK – ЯРКОСТЬ – yorug‘lik manbaining berilgan yo‘nalish uchun tavsifi; kattaligi yorug‘lik

kuchining yorug'lanayotgan sirtning tanlangan yo'nalishiga tik tekislikka proyeksiyasi sirtiga nisbatiga teng.

REKOMBINATSIYA – REKOMBINATSIYA – qarama - qarshi ishorali zaryad tashuvchilarning to'qnashuvi natijasida zaryadlarning yo'qolishi.

SPONTAN NURLANISH – SPONTAN NURLANISH – СПОНТАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – uyg'otilgan holatdagi kvant tizimlarning bexosdan elektromagnitik nurlanish chiqarishi.

SPONTAN O'TISH – SPONTAN O'TISH – СПОНТАННЫЙ ПЕРЕХОД – kvant tizimning yuqoriroq energiya sathidan pastrog'iga o'z - o'zidan o'tishi.

TOLA OPTIKASI – TOLA OPTIKASI – ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА – yorug'lik va tasvirlarni yorug'lik o'tkazgich va egiluvchan optik tolalar dastasi bo'yicha uzatish hodisasi o'rganiladigan optika bo'limi.

TO'LA ICHKI QAYTISH – TO'LA ICHKI QAYTISH – ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ – ikki shaffof muhitning bo'linish, chegarasidan to'lqinlar qaytganda singan to'lqinning to'liq mavjud bo'lmasligi.

TO'LQIN – TO'LQIN – ВОЛНА – fizikaviy maydon xossasiga ega bo'lgan biror fizikaviy kattalik o'zgarishlarining fazoda tarqalishi.

TO'LQINLAR INTERFERENSIYASI – TO'LQINLAR INTERFERENSIYASI – ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН – kogerent to'lqinlarning qo'shilishi natijasida fazoning turli nuqtalarida natijaviy to'lqin amplitudasining kuchayishi yoki zaiflashishi.

UG'ONGAN ATOM – UYG'ONGAN ATOM – ВОЗБУЖДЕННЫЙ АТОМ – atomning asosiy holatidagiga nisbatan kattaroq energiyaga ega bo'lgan holati.

UG'ONGAN HOLAT – UYG'ONGAN HOLAT – ВОЗБУЖДЕННОЕ СОСТОЯНИЕ – atom, molekula va boshqa

kvant tizim uchun mumkin bo'lgan energiyalarning diskret qatoridan eng kichik qiymatidan kattaroq energiyali tizim holati.

VAKUUM SPEKTROSKOPIYA – VAKUUM SPEKTROSKOPIYA – ВАКУУМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ – vakuum spektral asboblar qo'llaniladigan qisqa to'liqinli ultrabinafsha nurlanish va yumshoq rentgen nurlanish ($2 \cdot 10^2$ dan $0,4 - 0,6 \text{ nm}$ gacha) spektroskopiyasi.

VALENT SOHA – VALENT SOHA – ВАЛЕНТНАЯ ЗОНА – mutlaq nol haroratda valent elektronlarga to'liq to'ldirilgan kristaldagi elektronlarning mumkin bo'lgan energiya qiymatlari sohasi.

VINNING NURLANISH QONUNI – VINNING NURLANISH QONUNI – ЗАКОН ИЗЛУЧЕНИЯ ВИНА – energiyaning takroriyliklar (yoki to'liqin uzunliklar) bo'yicha mutlaq haroratga nisbatan muvozanatliy nurlanish spektrida, foton energiyasi modda zarralarining issiqlik energiyasidan katta bo'lgan hol uchun Plankning nurlanish qonunidan iborat taqsimot qonuni.

VINNING SILJISH QONUNI – VINNING SILJISH QONUNI – ЗАКОН СМЕЩЕНИЯ ВИНА – mutlaq qora jismning muvozanatliy nurlanish spektrida eng katta energiya mos keluvchi to'liqin uzunlikni aniqlovchi qonun.

YARIMO'TKAZGICH LAZER – YARIMO'TKAZGICH LAZER – ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР – yarimo'tkazgich kristall asosida yaratilgan lazer.

YARIMO'TKAZGICH – YARIMO'TKAZGICH – ПОЛУПРОВОДНИК – solishtirma elektr o'tkazuvchanligi bo'yicha o'tkazgich va dielektrik orasida bo'lgan, solishtirma elektrik o'tkazuvchanligi harorat va kirishmalar konsentratsiyasiga kuchli bog'lanishi bilan metall o'tkazgichdan farq qiladigan modda.

YARIMO'TKAZGICH LAZER – YARIMO'TKAZGICH LAZER – ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР – yarimo'tkazgich kristall asosida yaratilgan lazer.

YORITILGANLIK – YORITILGANLIK – ОСВЕЩЕНОСТЬ – sirtga tushuvchi yorug‘lik oqimining shu sirt sathiga nisbati.

YORUG‘LIK NURLANISHI – YORUG‘LIK NURLANISHI – СВЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – yorug‘lik to‘lqinlarining paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladigan jarayon.

YORUG‘LIK – YORUG‘LIK – СВЕТ – inson ko‘zi sezadigan takroriyliklar oralig‘idagi elektromagnitik to‘lqinlar.

YORUG‘LIK BIRLIKLARI – YORUG‘LIK BIRLIKLARI – СВЕТОВЫЕ ЕДИНИЦЫ – yorug‘lik kuchi, yoritilganlik, ravshanlik, yorug‘lik oqimi va hajmi, yorug‘lik kattaliklari birliklari.

YORUG‘LIK DISPERSIYASI – YORUG‘LIK DISPERSIYASI – ДИСПЕРСИЯ СВЕТА – 1) sinishda, difraksiya yoki interferensiyada yorug‘likning spektrga ajralishi; 2) modda sindirish ko‘rsatkichining yorug‘likning takroriyligi yoki to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi.

YORUG‘LIK INTERFERENSIYASI – YORUG‘LIK INTERFERENSIYASI – ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА – yorug‘lik to‘lqinlarining qo‘shilishi natijasida yorug‘lik jadal-ligining yorug‘ va qora yo‘llar tarzida fazoda navbatlashib joylashuvi.

YORUG‘LIK KOGERENTLIGI – YORUG‘LIK KOGERENTLIGI – КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТА – yorug‘lik tebranishlarining fazoning turli nuqtalarida vaqt davomida uyg‘un tarzda sodir bo‘lishi holi; yorug‘lik nurlarining interferensiya qobiliyatini tavsiflaydi.

YORUG‘LIK KVANTI – YORUG‘LIK KVANTI – КВАНТ СВЕТА – foton energiyasi.

YORUG‘LIK REFRAKSIYASI – YORUG‘LIK REFRAKSIYASI – РЕФРАКЦИЯ СВЕТА – yorug‘lik nurlarining optik nobirlins muhitda sinishi natijasida ularning yo‘nalishi o‘zgarishi.

YORUG'LIK TO'LQINI – YORUG'LIK TO'LQINI – СВЕТОВАЯ ВОЛНА – o'z tarkibida uzunliklari $0,4 - 0,76 \text{ mkm}$ oraliqda bo'lgan sinusoidal elektromagnitik to'lqinlar.

YORUG'LIKNING QUTBLANISHI – YORUG'LIKNING QUTBLANISHI – ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА – yorug'likning magnitik va elektrik vektorlari yo'nalishlari fazo va vaqt bo'yicha tartibli joylashuvi.

YORUG'LIKNING SINISHI – YORUG'LIKNING SINISHI – ПЕРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА – optik nurlanish ikki muhitning bo'linish chegarasidan o'tayotganida uning tarqalish yo'nalishi o'zgarishi.

YORUG'LIKNING SOCHILISHI – YORUG'LIKNING SOCHILISHI – РАССЕЙЯНИЕ СВЕТА – optik nurlanish oqimi modda bilan ta'sirlashganda uning xususiyatlari o'zgarishi.

YORUG'LIKNING YUTILISHI – YORUG'LIKNING YUTILISHI – ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА – yorug'lik energiyasining boshqa xil ko'rinishlarga o'tish natijasida muhit orqali o'tayotgan yorug'likning susayishi

YUTISH QOBILİYATI – YUTISH QOBILİYATI – ПОГЛОЩАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ – jism yutgan biror oraliqdagi takroriylikli elektromagnitik nurlanish energiya oqimining unga tushuvchi o'shanday takroriylikli elektromagnitik nurlanish energiyasi oqimiga nisbati.

YO'LLAR FARQI – YO'LLAR FARQI – РАЗНОСТ ХОДА – umumiy bosh va oxirgi nuqtalarga ega bo'lgan ikki yorug'lik yo'llarining optik uzunliklari ayirmasi.

O'Z - O'ZIDAN NURLANISH – O'Z - O'ZIDAN NURLANISH – СПОНТАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – tashqi elektromagnitik maydonning ta'sirisiz yorug'lik chiqarish hodisasi.

CHIZIG'YU DISPERSIYA – CHIZIG'YU DISPERSIYA – ЛИНЕЙНАЯ ДИСПЕРСИЯ – spektral asbobning spektral chiziqlar orasidagi masofadan to'lqin uzunliklar bo'yicha hosilasi bilan baholanuvchi tavsifi.

CHIZIG'Y QUTBLANGAN YORUG'LIK – CHIZIG'Y QUTBLANGAN YORUG'LIK – ЛИНЕЙНОПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ – elektrik va magnitik vektorlari tebranishlarining yo'nalishlari fazoning har qanday nuqtasida vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladigan yorug'lik.

O'TKAZUVCHANLIK SOHASI – O'TKAZUVCHANLIK SOHASI – ЗОНА ПРОВОДИМОСТИ – elektronlar tomonidan energiya sathlaridan bir qismigina band qilingan valent soha.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I.A. Barkamol avlod – O‘zbekiston taraqqiyotining poydevori., –Toshkent, 1997.
2. Басов Н.Г. Квантовая электроника. –М.: Наука, 1971.
3. Тарасов Л.В. Введение. Квантовая оптика. –М., 1987.
4. Реди Дж. Промышленное применение лазеров. –М.: Мир, 1981.
5. Елетский А.В., Смирнов Б.М.. Газовые лазеры. –М.: Атомиздат, 1971.
6. Алейников В. Лазеры на окиси углерода. –М., 1989.
7. Ярив А. Введение. Оптическая электроника. Пер.с англ. –М., 1983.
8. Ярив А. “Квантовая электроника”. Пер.с англ. –М., 1980.
9. Дюли У. “Лазерная технология и анализ материалов”. Пер.с англ. –М., 1978.
10. Богданкевич О.Б. и др. Полупроводниковые лазеры. – М., 1976.
11. Федоров Б., Гордан Ф. Что такое лазер? –М., 1967.
12. Летохов В.С., Устинов Н.Д. Мощные лазеры и их применение. –М., 1980.
13. Kamolxo‘jayev SH.M., Muhammadjonov M.A. Lazerlar va ularning qo‘llanilishi. TDTU, –T., 1999, 127 b.
14. Qurbonov M. Fizikadan namoyish eksperimentlarini uslubiy funksiyalarini kengaytirishning nazariy asoslari. Monografiya. –T.: Fan, 2008.
15. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. –М.: Мир, 1981.
16. Сем Э.Ф. Лазеры и их применение // Соросовский образовательный журнал, № 6, 1996, 92-98 с.
17. Тарасов Л.В. Лазеры: действительность и надежды. – М.: Наука, 1985.
18. Мансуров А.Н. Лазеры и их применение в преподавании физики. –М.: Просвещение, 1984, 88 с.
19. Звелто О. Принципы лазеров. –М.: Мир, 1990.

20. Крылов К. И. и др. Основы лазерной техники. –Л.: Машиностроение, 1990.
21. Mirinoyatov M. Lazerlar fizikasi va texnikasi. –Т.: Universitet, 2012, 92 b.
22. Зайнобидинов С.З., Долиев Х.С. Дефектообразования в кремнии. –Т.: Тош. ДУ, 1993.
23. Azizov M. Yarimo'tkazgichlar fizikasi. –Т.: O'qituvchi, 1974.
24. Фистул В.И. Введение в физику полупроводников. – М.: Высшая школа, 1984.
25. Akromov X., Zaynobidinov S.Z., Teshaboyev A. Yarimo'tkazgichlarda fotoelektrik hodisalar. –Т.: O'zbekiston, 1994.
26. Пасинков В.В. Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. –М.1987.
27. Пател К. Успехи физических наук. –М., 1969.
28. Савелев И.В. Курс общей физики. Учебник для вузов. –М.: Наука, 1989, 304.
29. Байбородин Й.В. Основы лазерной техники. –Киев: Высш.шк., 1981, 408 с.

Internet sayti

- www.bilimdon.uz - O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining veb-sayti.
- <http://natlib.uz> - Alisher Navoi nomidagi O'zbekiston Milliy kutubxonasi veb - sayti.
- <http://sunny.ccas.ru/library.html> - Jahon kutubxonalari ser-

| | |
|----------------|---|
| Muqaddima..... | 3 |
|----------------|---|

I BOB. NURLANISH QONUNIYATLARI VA ULARNING TURLARI

| | |
|--|----|
| 1.1. Nurlanishning fizik qonuniyatlari..... | 6 |
| 1.2. Sponton va majburiy nurlanishlar..... | 14 |
| 1.3. Energetik sathlar va ularni hosil qilish..... | 17 |
| 1.4. Lazerlarning tuzilishi va uning ishlash tamoyili..... | 22 |
| 1.5. Lazer nurlanishining xususiyatlari..... | 27 |
| 1 - Bobni o'zlashtirishda ustoz-shogird o'rtasidagi birinchi suhbat..... | 35 |

II BOB. LAZERLARNING TURLARI VA ULARNING TUZILISHI

| | |
|--|----|
| 2.1. Qattiq jisimli lazerlar..... | 38 |
| 2.2. Gazli lazerlar..... | 45 |
| 2.3. Ionli lazerlar..... | 56 |
| 2.4. Kimyoviy lazer..... | 59 |
| 2.5. Yarimo'tkazgichli lazer..... | 62 |
| 2.6. O'zbekiston fizik olimlarining tadqiqot ishlari..... | 72 |
| 2 - Bobni o'zlashtirishda ustoz-shogird o'rtasidagi ikkinchi suhbat..... | 91 |

III BOB. LAZERLARNING QO'LLANILISH SOHALARI

| | |
|--|-----|
| 3.1. Optik aloqa..... | 97 |
| 3.2. Golografiya..... | 105 |
| 3.3. Lazerlarning tibbiyotda qo'llanilishi..... | 121 |
| 3.4. Jismlarga lazer nuri bilan ishlov berish..... | 134 |
| 3.5. Lazerlarning qishloq xo'jaligida qo'llanilishi..... | 146 |
| 3.6. Lazer nuri yordamida ayrim jarayonlarni nazorat qilish.. | 148 |
| 3 - Bobni o'zlashtirishda ustoz-shogird o'rtasidagi uchinchi suhbat..... | 152 |

**IV BOB. LAZER NURI YORDAMIDA FIZIKANING
OPTIKA BO‘LIMIGA OID NAMOYISH
TAJRIBALARI**

| | |
|--|-----|
| 4.1. Geometrik optika bo‘limiga oid namoyish tajribalar..... | 155 |
| 4.2. Yorug‘lik interferensiyasiga tegishli namoyish tajribalar | 165 |
| 4.3. Yorug‘lik difraksiyasiga tegishli namoyish tajribalar..... | 173 |
| 4.4. Yorug‘likning qutblanishiga tegishli namoyish tajribalar | 183 |
| 4.5. Lazer nurining xossalari va qo‘llanilishiga oid tajribalar... | 188 |
| Glossariy..... | 193 |
| Foydalanilgan adabiyotlar..... | 212 |

SH.SODIQOVA, SH.OTAJONOV, M.KURBANOV

LAZERLAR VA ULARNING AMALIYOTDAGI O‘RNI

Toshkent – «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020.

| | |
|------------------------------|------------------|
| Muharrir: | M.Hayitova |
| Tex. muharrir: | A.Moydinov |
| Musavvir: | A.Shushunov |
| Musahhih: | Sh.Mirqosimova |
| Kompyuterda sahifalovchi: | N.Rahmatullayeva |

E-mail: nashr2019@inbox.ru

**Nashr.lits. AIN№009, 20.07.2018. Bosishga ruxsat etildi 13.10.2020.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 12,75. Nashriyot bosma tabog‘i 13,5.
Tiraji 100. Buyurtma № 149.**

**«Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи»
bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko‘chasi, 171-uy.**

ISBN 978-9943-6727-0-3



9 789943 672703