

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS

TA'LIM VAZIRLIGI

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika –matematika fakulteti

“Fizika” kafedrasi

5140200 - “Fizika” ta’lim yo’nalishi bo’yicha bakalavr darajasini olish uchun

Aminova Mehriniso Zarif qizining

**“Lazer fizikasida zamonaviy tadqiqotlar
yo’nalishlarini o’rganish”.**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

“Ish ko’rildi va himoyaga

Ilmiy rahbar:_____ dotsent Q.S. Saidov

ruxsat berildi”

“_____” _____ 2017 y.

Kafedra mudiri _____ f-m.f.n. B.E.Niyazxanova Taqrizchi: _____ Bux MTI o’qituvchisi

D. Hayitov

“_____” _____ 2017 y.

“_____” _____ 2017 y.

“Himoya qilishga ruxsat berildi”

Fakultet dekani _____ prof. SH.M. Mirzayev

“_____” _____ 2017 y.

Buxoro-2017y.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I. BOB. NOCHIZIQIY OPTIK HODISALAR.....	8
1.1 Induksiyalangan nurlanishlarni hosil qilinishi.....	8
1.2 To'rlqinlarni nochiziqiy muhitda tarqalishi.....	19
II. BOB. LAZERLARNING TADQIQOTLARDA QO'LLANISHI.....	38
2.1 Lazerlarning tibbiy diagnostikasi va moddalarning.....	
tahliliga shlatilishi.....	38
2.2 Fizikaning zamonaviy tatqiqot yo'nalishlari.....	51
XOTIMA.....	56
ADABIYOTLAR.....	57

Kirish

Hozirgi kunda taraqqiyotimizning asosiy yo'nalishi bo'lgan milliy g'oya ustivorligi ustida to'xtalib, birinchi Prezidentimiz Islom Abdug'aniyevich Karimov quyidagi fikrlarni aytadilar: "Bizning bosh strategik maqsadimiz qat'iy va o'zgarmas bo'lib, bozor iqtisodiyotiga asoslangan asoslangan erkin demokratik davlat barpo etish, fuqarolik jamiyatining mustahkam poydevorini shakllantirishdan iborat! Bu esa O'zbekistonning rivojlangan kelajagi buyuk davlatga aylantirishning asosiy shartlaridan biridir: Istiqlol yo'lida qadam tashlab borayotgan vatanimizdagi mavjud madaniy omillarga ahamiyat berish bilan birga maorif, ta'lim, tarbiya ishlariga e'tibor kuchaytirilmoqda.

Kadrlar tayyorlash milliy dasturini yaratish bo'yicha O'zbekiston Respublikasi komissiyasining majlisida so'zlagan "Zamonaviy kadrlar taraqqiyotimizning muhim omilidir" nutqida yurtboshimiz quyidagi fikrlarni aytdilar. "Kadrlar masalasini hal etmas ekanmiz, saiy-harakatlarimiz kutilgan natijani berishi, hayotimiz, ma'naviyatimiz o'zgarishi qiyin bo'ladi. Demakki zamonaviy ta'lim-tarbiya tizimini isloh qilish, zamon talablariga mos bo'lgan kadrlar tayyorlash ishini yo'lga qoyish faoliyatimizning bosh yo'nalishi bo'lmog'i lozim. Yo'qsa mustaqil fikrga ega bo'lmagan odam har qanday olomonga ergashib ketaveradi".

Shu bilan birga, O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Miromonovich Mirziyoyevning 2016-yil 8-oktabrdagi F-4724-son farmoyishi bilan tashkil qilingan Ishchi guruh tomonidan oliy ta'lim tizimidagi holatni o'rganish natijalariga ko'ra, bir qator oliy ta'lim muassasalarida hali ham ilmiy-pedagogik salohiyatning pastligi, ta'lim jarayonlarini axborot-uslubiy va o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash zamonaviy talablarga javob bermasligi, ularning moddiy-texnika bazasini tizimli yangilashga ehtiyoj mavjudligi aniqlandi.

Istiqlol yo'lida qadam tashlab borayotgan vatanimizdagi mavjud madaniy omillarga ahamiyat berish bilan birga maorif, ta'lim, tarbiya ishlariga e'tibor kuchaytirilmoqda.

Kadrlar tayyorlash milliy dasturini yaratish bo'yicha O'zbekiston Respublikasi komissiyasining majlisida so'zlagan "Zamonaviy kadrlar-taraqqiyotimizning muhim omilidir" nutqida yurtboshimiz quyidagi fikrlarni aytdilar:

"Kadrlar masalasini hal etmas ekanmiz, say-harakatlarimiz kutilgan natijani berishi, hayotimiz, ma'naviyatimiz o'zgarishi qiyin bo'ladi. Demakki, zamonaviy ta'lim-tarbiya tizimini isloh qilish, zamon talablariga mos bo'lgan kadrlar tayyorlash ishini yo'lga qo'yish faoliyatimizning bosh yo'nalishi bo'lmog'i lozim. Yo'qsa biz yoshlarimizni mustaqil fikrga ega bo'lmagan odam singari har qanday olomonga ergashib ketaveradi".

Oliy ta'limning ma'naviy-ahloqiy mazmunini oshirish, talaba-yoshlarga mustaqillik g'oyalariga, yuksak ma'naviyat va insoniylikning milliy an'alariga sodiqlik ruhini chuqur singdirish, ularda yot g'oya va mafkuralarga nisbatan immunitet va tanqidiy tafakkurni mustahkamlash bo'yicha keng ko'lamli ma'rifiy va tarbiyaviy ishlarni olib borish;

Oliy ta'lim muassasalari moddiy-texnika bazasini o'quv va ilmiy-laboratoriya bino va korpuslari, sport inshootlari, ijtimoiy-muhandislik infratuzilmasi obyektlarini qurish, rekonstruksiya qilish va kapital ta'mirlash, oliy ta'lim ilm-fanining ustuvor yo'nalishlari bo'yicha o'quv-ilmiy laboratoriyalarini zamonaviy asbob va uskunalar bilan jihozlash orqali yanada mustahkamlash.

Ishning dolzarbligi: Nanotexnologiyalarning rivojlanishi zamonaviy lazerlar va ular asosida qator ilmiy tatqiqotlar yo'nalishlari uchun sabab bo'ldi.

Ishning maqsadi : Malakaviy bitiruv ishda lazerlarning yangi avlodlarini yaratilishi borasidagi tatqiqotlar va ular yordamida olib borilayotgan ilmiy tatqiqotlar yo'nalishlarini o'rganish.

Ilmiy yangilik: Nano o'lchamli lazerlar generatsiyasi sharoitlari tibbiy va biologik tatqiqotlarda zarur bo'lgan lazerlarning imkoniyatlari o'rganildi.

Malakaviy ishning birinchi bobida noxiziqiy optik hodisalar, qonunlar nazariy o'rganildi.

Shuningdek induksiyalangan nurlanishlarni hosil qilinishi, to'lqinlarni noxiziqiy muhidda tarqalishi qonunlari tahlil qilindi.

Malakaviy ishning ikkinchi bobida lazerlarning tatqiqotlarda qo'llanishi nazariy o'rganildi.

Mazkur bobda lazerlarning tibbiy diagnostika va moddalarning tahliliga ishlatilishi, fizikaning zamonaviy tatqiqot yo'nalishlari tahlil qilindi.

Ishning tadqiqot ob'ekti va predmeti: Bir fotonli nuqsonlar va ulardagi generatsiya, tibbiy tatqiqotlardagi lazerlarning imkoniyatlari o'rganildi.

Ishning tadqiqot uslubi va uslubiyoti: Ilmiy ommabop manbalardan to'plangan ma'lumotlar tahlil qilib, xulosa va takliflar qilish.

Ishning olingan asosiy natijalari: Ishda qilingan xulosa takliflar zamonaviy tatqiqot yo'nalishlari asosida berildi.

Ishning hajmi va tuzilishi: Bajarilgan malaka bitiruv ishi to'rtta paragrafni o'z ichiga olgan, ikkita bobdan va qilingan xulosalardan iborat. Ishda o'rganilishi e'tiborga olingan fizikaviy hodisalar, jarayonlar va hisoblangan natijalarning tushunarli ravishda ifodalash uchun o'nta chizma va jadval berildi. Ishga qo'yilgan maqsadga erishishi uchun to'plangan adabiyotlar manbalarning nomlari va elektron manzillari keltirildi.

Qisqacha mazmun va ilmiy tavsiloti: Induksiyalangan nurlanishlar paydo bo'lishi ularni xalq xo'jaligida qo'llanishi va ularni mukammallashtirish borasidagi ilmiy tatqiqot yo'nalishlari ilmiy va ommabop manbalardan tahlil qilib o'rganish.

I.BOB. Nochiziqiy optik hodisalar.

1.1.Induksiyalangan nurlanishlarni hosil qilinishi.

Yutish koefisientining yutilayotgan yorug'lik intinsivligiga bog'liqligini S.I.Vavilovning o'rgangani haqida oldin aytib o'tilgan edi. Vavilov "Mikrostruktura sveta" degan kitobida o'zining 20-yillarda o'tkazgan kuzatishlarini va undab keying tajribalarini umumlashtirib bunday deb yozgan edi: "Yutayotgan muhitdagi nochiziqlik faqat absorbsiyaga nisbatan kuzatilishi shart emas. Absorbsiya dispersiya bilan bog'langan, demak yorug'likning muhitga tarqalish tezligi umuman olganda yorug'lik quvvatiga bog'liq bo'lishi kerak. Shu sababli muhitning boshqa optic xususiyatlarida ikkiga ajralib sinishda dixroizmda, aylantirish qobiliyatida va xokazolarda umumiy holda yorug'lik quvvatiga bog'liqlik ko'rinishi, yani super pozitsiya prinsipi buzilishi kerak." Chiziqli bo'lmagan optikaning lazer nurlanishing tarqalishini eksperimental tekshirish bilan bog'langan keying rivojlanishi oqibatida Vavilovning bo'lishi mumkin bo'lgan chiziqli emas hodisalarining xilma xil ekanligi haqidagi fikri tasdiqlanibgina qolmay, balki u aytib o'tgan hamma konkret effektlar kuzatildi. Shuning uchun Vavilov haqli ravishda chiziqli bo'lmagan optikaning asoschisi hisoblanadi.

Vavilov chiziqli bo'lmagan hodisalarning sababini yorug'likni yuta oladigan molekula yoki atomlar sonining o'zgarishida yani, atom, molekulalarning uyg'ongan holatga o'tishi va bu holtda bo'lish vaqtining cheklanganligi bilan bog'liq bo'lgan o'zgarishlar sonining o'zgarishida ko'rgan. Chiziqli bo'lmagan hodisalar yuqorida ko'rsatilgan sabablardan tashqari yana qator sabablar tufayli ham yuz beradi, ularning bir qismi quyida ko'riladi. Shunga mos ravishda lazer nurlanishining tarqalishini o'rganganda topilgan chiziqli bo'lmagan hodisalar to'plami yanada turli tuman bo'lib chiqdi. Ulardan bazilari, masalan, Mandelshtam-Brillyuenning majburiy sochilishi, ko'p fotonli yutish va ionlanish, chiziqli bo'lmagan foto effect oldin

ko'rib o'tilgan edi. Bu bobda nurlanishning tarqalish yunalishining va spectral tarkibining o'zgarishiga olib keladigan hodisalar umumiy tarzda ko'rib chiqiladi.

1940 yildayoq sovet fizigi V.A.Fabrikant majburiy nurlanish hodisasidan elektromagnit to'liqlarni kuchaytirishda foydalanish mumkin ekanini ko'rsatib bergan edi. 1954 yilda sovet olimlari N.G.Basov va A.M.Proxorov hamda ulardan mustaqil hoda amerikalik fizik CH.Tauns induksiyalangan nurlanish hodisasidan $\lambda = 1.27 \text{ sm}$ to'liq uzunlikdagi radioto'liqlarning mikroto'liqli generatorini yaratishda foydalandilar. Radioto'liqlar hosil qilish va ularni kuchaytirishning yangi prinsipini ishlab chiqqanliklari uchun N.G.Basovga va A.M.Proxorovga 1959 yilda Lenin mukofoti berildi. 1963 yilda N.G.Basov , A.M.Proxorov va CH.Tauns Nobel mukofoti bilan taqdirlandilar.

1960 yilda AQSH da birinchi lazer –spektrning ko'rinadigan diapazonidagi elektromagnit to'liqlar kvant generator yaratildi.

Lazer nurlarining xossalari. Lazer yorug'lik manbalari yorug'likning boshqa manbalariga qaraganda qator afzalliklarga ega:

1. Lazerlar tarqalish burchagi juda kichik (10^{-5} rad atrofida) yorug'lik dastasi hosil qila oladi. Yerdan yuborilgan bunday dasta Oyda diametrik 3 km bo'lgan dog' hosil qilishi mumkin.

2. Lazer yorug'ligi nihoyatda monoxromatikdir. Atomlari bir biridan mustaqil holda yorug'lik chiqaruvchi oddiy manbalardan farqli o'laroq, lazerlarda atomlar bir-biriga muvofiq holda yorug'lik chiqaradi. Shuning uchun to'liqning fazasi noregulyar o'zgarishlarga duch kelmaydi.

3. Lazerlar eng kuchli yorug'lik manbalaridir. Spektrning tor intervalida lazerlarning bazi turlari qisqa muddat ichida (taxminan 10^{-11} s vaqt davomida) 10^{14} Vt/sm^2 nurlanish quvvatiga erishadi, holbuki quyoshning nurlanish quvvati butun spektr bo'yicha jami faqat $7 \cdot 10^3 \text{ Vt/sm}^2$ ga teng

bo'ladi. $\Delta\lambda = 10^{-6}$ sm tor intervalga (lazer spectral chizig'ining kengligiga) esa Quyosh nurlanishidan atigi 0.2 Vt/sm^2 quvvat to'g'ri keladi. Lazer nurlanib chiqaradigan elektromagnit to'lqindagi elektr maydonning kuchlanganligi atom ichidagi maydon kuchlanganligidan kattadir.

Lazerlarning ishlash prinsipi. Odatdagi sharoitlarda ko'pchilik atomlar quyi energetik holatda bo'ladi. Shuning uchun past temperaturalarda moddalar yorug'lik chiqarmaydi.

Modda orqali elektromagnit to'lqin o'tganda elektromagnit to'lqin o'tganda elektromagnit energiya yutiladi. Yutilgan to'lqin energiyasi tasirida atomlarning bir qismi uyg'onadi, yani yuqori energetik holatga o'tadi. Bunda yorug'lik dastasidagi energiya 2 va 1 sathlarning energiyalari farqiga teng bo'lgan.

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad (1.1.1)$$

miqdorga kamayadi. Rasmda uyg'otilmagan atom va sinusoidaning kesmasi sifatida elektromagnit to'lqin ko'rsatilgan. Elektron quyi sathda turibdi. Rasmda energiya yutib, uyg'ongan atom ko'rsatilgan. Uyg'ongan atom to'qnashganda qo'shni atomlarga o'z energiyasini berishi yoki har qanday yo'nalishda foton chiqarishi mumkin.

Endi biror usul bilan muhit atomlarining katta qismini uyg'otdik, deb faraz qilaylik. U holda modda orqali.

Chastotali elektromagnit to'lqin o'tganda bu to'lqin zaiflashmaydi, balki induktsiyalangan nurlanish hisobiga kuchayadi. Bu to'lqin tasirida atomlar muvofiqlashgan holda quyi energetik holatlarga o'tadi va bunda chastotasi va fazasi jihatidan tushuvchi to'lqinga mos bo'lgan to'lqinlar chiqaradi. Rasmda uyg'otilgan atom va to'lqin, rasmda esa atomning asosiy holatga o'tganligi va to'lqinning esa kuchaygani sxematik ravishda ko'rsatilgan.

Uch sathli sistema. Atomlari uyg'otilgan holatda bo'lgan muhitlarni hosil qilishning turli metodlari 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. 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.

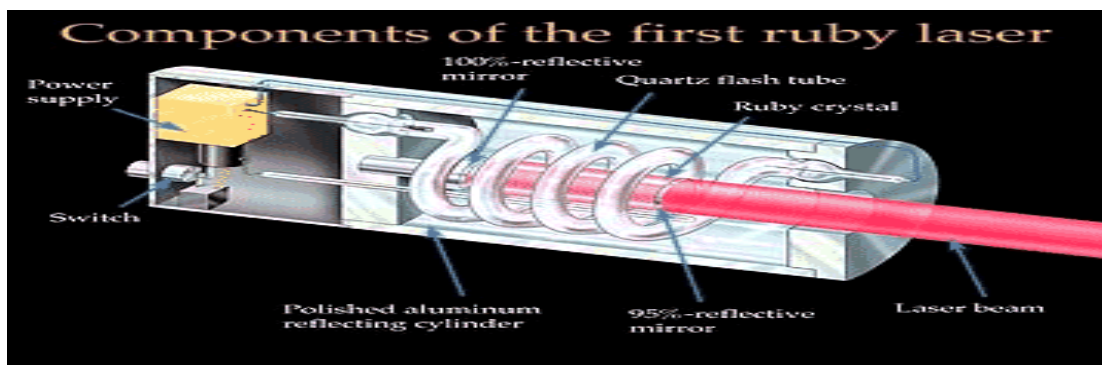
Uchta energetik sathdan foydalanish yo'li bilan bu masala hal qilinadi(sathlarning umumiy soni hamma vaqt ham juda ko'p bo'ladi, biroq bu yerda gap faqat "ishlaydigan" sathlar to'g'risida ketyapti). Uchta energetik sath tasvirlangan. Shunisi muhimki, tashqi tasir bo'lmaganda sistemaning turli energetik sathlarda bo'ladigan vaqti ("yashash vaqti") nihoyatda turlicha bo'ladi. 3 sathda sistema juda qisqa vaqt, yani 10^{-8} s tartibida yashaydi va so'ngra nurlanmasdan o'z-o'zidan 2 holatga o'tadi. (Bunda energiya kristalll panjaraga beriladi). 2 holatga yashash vaqti 100 000 marta katta, yani 10^{-3} s ga teng. Tashqi elektromagnit to'lqin tasiridan 2 holatdan 1 holatga o'tishda nurlanish sodir bo'ladi. Ana shu nurlanishdan lazerlarda foydalaniladi. Kuchli lampaning chaqnashidan keyin sistema 3 holatga o'tadi va 10^{-8} s ga yaqin vaqt o'tgandan so'ng 2 holatda bo'ladi, bu holatda nisbatan uzoqroq muddat bo'lib turadi. Shunday qilib uyg'otilgan 2 sathning uyg'otilmagan 1 sathga nisbatan o'ta band bo'lishi yuzaga keladi. Zarur energetik sathlar yoqut kristalllarida bor. Yoqut - Al_2O_3 alyuminiy oksidi va xrom atomlari (0.05% ga yaqin) aralashmasidan iborat och qizil kristalll. Kristallldagi xrom ionlarining sathlarigina yuqorida talab qilingan xossalarga egadir.

Yoqut lazerining tuzilishi. Yoqut kristallidan uchlari yassi parallel bo'lagan sterjen tayyorlanadi. Spiral shaklida ishlangan gaz razryad lampa ko'kimtir yashil yorug'lik beradi. Sig'imi bir necha ming mikrofarada bo'lgan

kondensatorlar batareyasidan kelgan qisqa vaqtli tok impulse lampani yop-yorug' chaqnatadi. Ozgina vaqt o'tishi bilan 2 energetik sath "o'ta band" bo'lib qoladi.

2 → 1 yo'nalishdagi o'z-o'zidan o'tishkar natijasida turli tuman yo'nalishlarda to'lqinlar nurlana boshlaydi. Ulardan kristall o'qiga burchak ostida yo'nalganlari kristalldan chiqib ketadi va kelgusi protseslarda hech qanday rol o'ynamaydi. Biroq kristall o'qi bo'ylab yo'nalgan to'lqin uning uchlaridan ko'p marta qaytadi. Bu to'lqin xromning uyg'ongan ionlarining induksiyalangan nurlanishini yuzaga keltiradi va tezda kuchayadi.

Yoqut sterjenning bir uchi ko'zgusimon qilinadi, ikkinchi uchi esa yarim shaffof bo'ladi. Ana shu uchi orqali kuchli qizil yorug'likning qisqa muddatli (davomiyligi yuzlab mikrosekundga yaqin) impulsi chiqadi. Ana shu yorug'lik impulsi biz paragraph boshida aytib o'tgan ajoyib xossalarga egadir. Barcha atomlar muvofiqlashgan holda nurlangani uchun to'lqin kogerent bo'ladi, shu bilan birga, induksiyalangan nurlanishda g'amlangan energiyaning hammasi juda kichik vaqt davomida ajralgani uchun juda kuchli bo'ladi.



(1.1.1) Rasm yoqut lazerining tuzilishi.

Lazerlarning boshqa turlari. Biz tanishib o'tgan yoqut lazeri impulsi rejimda ishlaydi. Shu bilan birga uzluksiz ishlaydigan lazerlar ham bo'ladi.

Bu turdagi gaz lazerlarida ish bajaradigan modda gazdir. Ish bajaradigan moddaning atomlari elektr razryad tasirida uyg'otiladi.

Uzluksiz ishlaydigan yarim o'tkazgichli lazerlar ham bo'ladi. Ular birinchi bo'lib bizning mamlakatimizda yaratilgan. ularda nurlanish uchun energiya elektr tokidan olinadi.

Uzluksiz ishlaydigan juda kuchli gazodinamik lazerlar ham yaratilgan. Bu tur lazerlarda yuqori energetik sathlarning "O'ta bandligi" bir necha ming gradusgacha qizdirilgan, tovushdan tez gaz oqimlarining kengayishi va adiabatic sovishida hosil bo'ladi.

Lazerlarning ishlatilishi. Lazer nurining aloqada, ayniqsa, yorug'likni yutuvchi bulutlar yo'q bo'lgan kosmik fazodagi aloqada qo'llanish istiqboli porloqdir.

Lazer nurining ulkan quvvati vakuumda materiallarni bug'lantirish, payvand qilish va boshqa sohalarda ishlatiladi. Lazer nuri yordamida xirurgiya operatsiyalarini o'tkazish, masalan, ko'z tubidan ko'chib qolgan to'r pardani "mahkamlab" qo'yish mumkin.

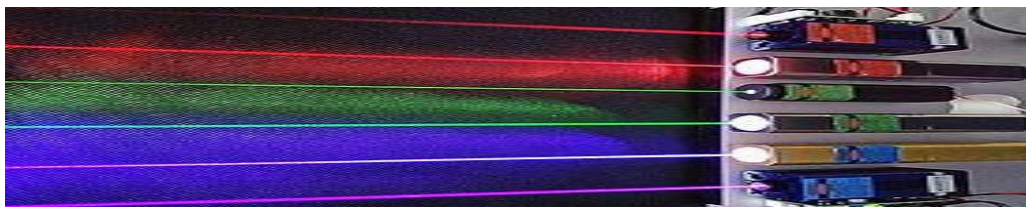
Lazer nurining kogerentligidan foydalanib, lazerlar yordamida buyumlarning hajmiy tasvirlari hosil qilinadi.

Lazerlar tufayli "yorug'lik lokatori" yaratish imkoni tug'ildi, uning yordamida buyumlargacha bo'lgan masofa bir necha millimeterlarga aniqlikda o'lchanadi. Bunday aniqlikka radiolokatorlarda erishib bo'lmaydi.

Lazer nurlari tasirida atom va molekulalarni uyg'otib, ular orasida o'zaro odatdagi sharoitlarda amalga oshmaydigan ximiyaviy reaksiyalarni yuzaga keltirishi mumkin.

Ulakn quvvatli lazer nurlaridan boshqariladigan termoyadro reaksiyalarini amalga oshirish uchun foydalanishning samarali istiqboli mavjud.

Hozirgi vaqtda lazerlarning qo'llanilish sohalari shunchalik turli-tuman va ko'pdan-ko'pki, bu yerda hatto ularni sanab chiqishga ham imkon yo'q.



(1.1.2) Rasm. Lazer kogerent nurlanish chiqaruvchi elektr-optik qurilmadir.

Atama inglizcha "laser" qisqartmasidan kelib chiqib, **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** (majburiy nurlanish yordamida yorug`likni kuchaytirish) deb yoziladi. Tipik lazer divergensiyasi past va to`lqin uzunligi qat`iy cheklangan ya`ni, monoxrom) yorug`lik chiqaradi.

Lazer (ing . laser; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — majburiy nurlanish yordamida yorug`likning kuchayishi ma`nosini anglatadigan so`z birikmalarining bosh harflaridan olingan), optik kvant generator — ultrabinafsha, infraqizil va ko`zga ko`rinadigan soha diapozondagi nurlanishlarni hosil qiluvchi qurilma. Kvant elektronikadagi asosiy qurilmalardan biri. Birinchi lazer 1960 yilda yoqutda amerikalik olim T. Meyman tomonidan yaratilgan. Ishi atom va molekulalarning majburiy nurlanishiga asoslangan. Lazer har xil energiya (elektr, yorug`lik, kimyoviy, issiklik va h.k.)ni optik diapozondagi kogerent elektromagnit nur energiyasiga aylantirib beradi. U 3 element — energiya manbai, aktiv muhit modda teskari bog`lanishdan iborat (agar lazer kogerent nurni kuchaytirish uchun xizmat qilsa, teskari boglanish zarur emas). lazer boshqa yorug`lik manbalardan kogerentligi, monoxromatikligi, juda kichik burchak ostida yo`nalganligi bilan, nur kuvvatining katta spektral zichlikka, juda yuqori tebranish chastotasiga egaligi bilan farqlanadi. Aktiv muhitga ko`ra, lazer quyidagi guruhlariga bo`linadi: 1) qattiq jism va suyuqlikdan tayyorlangan L; 2) gazli L; 3) yarimo`tkazgichli lazer Bulardan tashqari, eksimer, kimyoviy va h.k. lazer xillari ham bor. Lazerda teskari bog`lanish optik rezonator (ikki ko`zgu) yordamida amalga oshiriladi. Ko`zgular orasiga aktiv modda joylashtiriladi.

Nur to'liqini ko'zgulardan qaytib, yana aktiv modddadan o'tadi, unda majburiy o'tishlarni yuzaga keltiradi. Ko'zgulardan biri qisman shaffof bo'lib, u cheksiz ko'p o'tishlardan keyin kuchaygan nurni tashqariga chiqib ketishiga xizmat qiladi.

Lazerning ishlash tamoyilida atom tuzilishi muhimdir. Moddalarni tashkil qilgan atomlarni energetik holatlari (orbitasi) har xil lazer pastki orbitada zarrasi bo'lgan atom turg'un, yuqori orbitada zarrasi bo'lgan atom beqaror bo'ladi. Yuqori orbitada zarra uzoq turmaydi. Ma'lum vaqt o'tgach, zarra pastki orbitaga tushib, atom o'zidan nur chiqaradi. Yuqori energetik holatlar (orbita) dagi o'zo'zidan pastga, ya'ni, energetik turg'unroq holatga tushmasa, uni "turtib" tushirib yuborishi mumkin. Buni fanda majburiy nurlatish deyiladi. Tog' ustidan pastga yumalatilgan bitta tosh bir necha toshni yumalatib tushirganidek, moddaning bitta zarrasi turtib yuborilsa, barcha orbitalardagi zarralar qo'zg'aladi. Atom chiqargan nur bilan yutilgan nur ko'shilib, ikkitasi to'rtta, to'rttasi sakkizta va hokazo lazer nuriga aylanadi. Bu nurlarni kvant generator (elektr signal kuchaytirgichiga o'xshab) kuchaytirib, g'oyat to'g'ri yo'nalgan nur (energiya)ga aylantirib beradi. Energiya manbai (o'zgarmas tok, yuqori yoki o'ta yuqori chastotali tok, optik yoki lazer nuri, elektron nur dastasi) hisobiga aktiv moddadagi elektronlar yuqori (uyg'otilgan) sathlarga o'tib, inversiya holati (elektronlar soni yuqori sath N_2 da quyi sath N , dagiga nisbatan ko'p bo'ladi) vujudga keladi. Ularga biror energiya manbai bilan ta'sir ettirilsa (mas, yorug'lik nuri), aktiv modda ishga tushadi. Bunda elektronlarga berilgan energiya bir necha ming marta ko'payadi va shu onda lazer nuri shaklini oladi. Bundan tashqari, lazer nurining qurilmadagi kuchaytirish ko'effitsiyenti unda sodir bo'ladigan energiya yo'qotishlar ko'effitsiyenti K_y dan ancha katta (KkJ.) bo'lishi kerak. Shu shartlar bajarilganda lazer nuri generatsiyasi (hosil bo'lishi)ga erishish mumkin.

Lazer 2 xil ish rejimiga ega. Agar unda uzluksiz energiya manbaidan foydalanilsa, uzluksiz ingichka nur hosil qilish mumkin. Agar manba impulyeli energiya bersa, lazer nur impulslarini beradi.

1917 yilda Eynshteyn atomlar induksiyalangan(majburiy) yorug'lik chiqarishi mumkinligi haqidagi fikrni ilgari surdi. Induksiyalangan nurlanish deganda uyg'ongan atomlarning ularga tushayotgan yorug'lik tasirida nurlanish tushuniladi. Bunday nurlanishning ajoyib xususiyati shundaki, induksiyalangan nurlanish tufayli hosil bo'ladigan yorug'lik to'lqini atomga tushayotgan to'lqindan na chastotasi, na fazasi va na qutblanishi bilan farq qiladi.

Kvant nazariyasi tili bilan aytganda, majburiy nurlanish, atomning yuqori energetik holatdan quyi energetik holatga odatdagi nurlanishda bo'lgani singari o'z-o'zidan o'tishini emas, balki tashqi tasir tufayli o'tishini bildiradi.

1.2 To'lqinlar gruppasining chiziqli bo'lmagan muhitda tarqalishi.

Yorug'lik impulsining (yoki to'lqinlar gruppasining) tarqalishi qat'iy monoxromatik to'lqindan farqli o'laroq fazaviy va gruppaviy tezliklar bilan xarakterlanadi. Furrye teoremasiga muvofiq, yorug'lik impulsini chastotalari bir oz farqlanadigan monoxromatik tashkil etuvchilarning super pozitsiyasi sifatida ifodalash mumkin. Fazaviy tezlik bu tashkil etuvchilardan o'rtacha chastotaga mos kelgan birining fazasining tarqalishini ifodalaydi. Gruppaviy tezlik esa to'lqin profilining biror xarakterli nuqtasining, masalan, amplitudasi maksimal qiymatga bo'lgan nuqtaning ko'chishini ifodalaydi. Fazaviy va gruppaviy tezliklar to'g'risidagi umumiy tasavvurlar bilan tanishganmiz. Hozir esa to'lqinlar gruppasining yutmaydigan muhitda tarqalishi haqidagi masalani chiziqli bo'lmagan effektlarni hisobga olgan holda ko'rib chiqamiz.

Yorug'lik impulsining maydonini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$E(z, t) = A(z - ut) \cos \left[\frac{\omega}{v} (vt - z) \right] \quad (1.2.1)$$

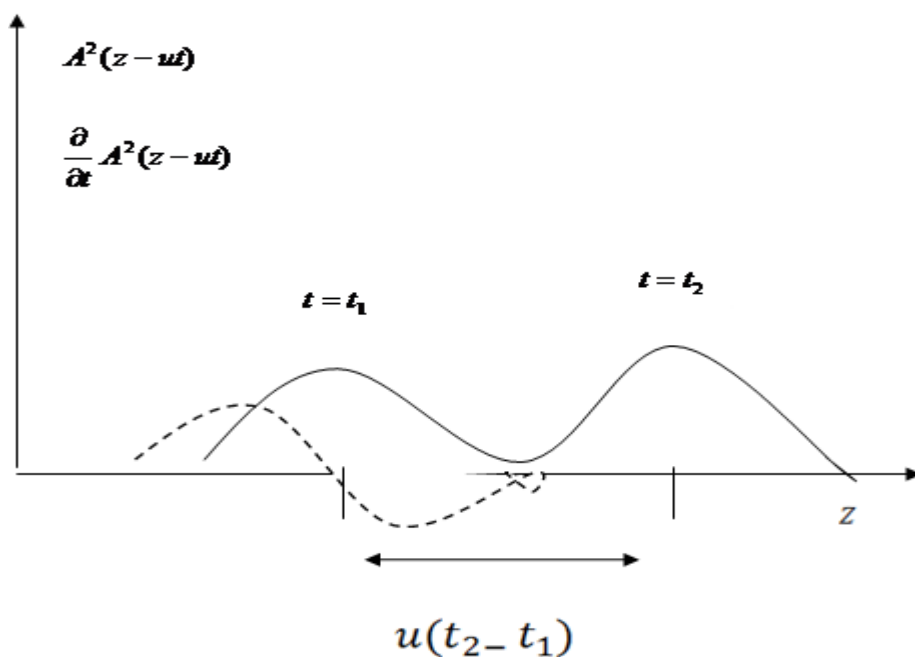
φ fazaning biror qiymatiga mos keladigan to'lqin fronti quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$\frac{\omega}{v}(vt - z) = \varphi \quad (1.2.2)$$

Ya'ni to'lqin fronti fazada v tezlik bilan ko'chadi. $A(z - vt)$ amplituda xususida ham xuddi shunday mulohaza yuritish mumkin. Amplitudaning $z - vt$ argumentining biror qiymatini, masalan, 0 ga teng qiymatini qayd qilamiz; bunda amplituda aniq ma'lum qiymatga ega bo'ladi. Demak,

$$z = vt \quad (1.2.3)$$

Munosabat impuls profilining biz tanlab olgan qismining fazoda ko'chishini tavsiflaydi. 1 yozuv impulsning o'z profile



1.2.1-rasm. To'lqinlar gruppasining tarqalishi.

Shaklini 1.1- rasmda ikki payt uchun ko'rsatilgancha o'zgartirmasdan ko'chishini bildiradi. Gruppaviy tezlik deb ataladigan U kattalik fazaviy tezlikka Peley formulasi orqali bog'langan:

$$u = \vartheta - \lambda \frac{dv}{d\lambda} = \frac{v}{1 + \frac{\omega}{n} \frac{dn}{d\omega}}; \quad \lambda = \frac{2\pi c}{\omega n(\omega)} \quad (1.2.4)$$

Ilgari impuls amplitudasining fazoning biror nuqtasida vaqt o'tishi bilan o'zgarishi uning spektrining kengligi chekli ekanligini bildirishi bir necha bor takidlangan edi: agar impulsni ajrata olish qobiliyati tegishli bo'lgan spectral apparatga yuborsak, biz spektrogrammada ifodadagi kosinusning argumentiga kirgan o'rtacha ω_0 chastotaning atrofida $\Delta\omega$ chastotalar intervalida to'plangan nurlanishning ko'ramiz. Chastotalar intervalining (impulsning spektral kengligi deb aytiladigan) kattaligi impulsning T davom etish vaqtida quyidagi munosabat orqali bog'langan.

$$\Delta\omega T \gtrsim 2\pi \quad (1.2.5)$$

Yuqorida chiqarilgan xulosadan to'lqinlar gruppasi yoki profile vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan yorug'lik impulsi haqidagi tasavvur faqat

$\Delta\omega \ll \omega_0$ shart bajarilganda fizik ma'noga ega ekanligi ko'rinadi. Bu tengsizlikni (1.2.5) munosabat yordamida $T \gg 2\pi / \omega_0$ ko'rinishga keltirish mumkin. Boshqacha aytganda, $A(z - ut)$ amplituda $\cos \omega_0 (t - \frac{z}{v})$ ga qarganda ancha sekin o'zgarishi kerak.

Maydon amplitudasining qiymatlari kam bo'lganda o'rinli bo'ladigan superpozitsiya prinsipiga muvofiq, to'lqinlar gruppasining spektri gruppaning muhitda tarqalishi vaqtida o'zgarishi mumkin emas. Xaqiqatan ham, to'lqinlar gruppasi amplitudalari vaqt o'tishi bilan fazoda o'zgarmaydigan monoxromatik qo'shiluvchilarning superpozitsiyasi sifatida ifodalash mumkin.

Agar nurlanishning quvvati yetarli darajada katta bo'lsa, impuls profilining va spektrining o'zgarmasligi haqidagi xulosalar to'g'ri bo'lmay

qoladi. Haqiqatdan ham, muhit sindirish ko'rsatgichining maydon amplitudasiga bog'liqligi ma'lum:

$$n = n_0 + n_2 A^2 (z - ut) \quad (1.2.6)$$

Shunday qilib, muhitning quvvatli impuls mavjud bo'lgan qismida sindirish ko'rsatgichi vaqtga bog'liq bo'lib qolar ekan. Shu bilan birga, biz yorug'likning sochilishi, ultraakustik to'lqinlar tufayli yuz bergan difraksiyasi, harakatlanayotgan ko'zgudan qaytishi va shu kabi misollarda optik xususiyatlarining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi stasionar bo'lmagan bunday muhitda tarqalayotgan nurlanishning spektral tarkibining albatta o'zgarishiga olib kelishi kerakligini ko'rgan edik. Yorug'likning sochilishini kuzatishda molekulalarning ilgari lama harakati yoki molekulalar ichidagi tebranishlarga bo'g'liq bo'lgan nostatsionarlik muhim bo'lib, natijada sochilgan yorug'likning spektri muhitga kirayotgan nurlanishning spektridan farq qilar edi. Spektr o'zgarishining konkret ko'rinishi muhit xususiyatlarining modulyatsiya qonuni bilan belgilanadi albatta, lekin spektr muhitning statsionar emasligi tufayligina o'zgaradi.

Chiziqli bo'lmagan muhitdan o'tgan impuls spektrining asosiy xususiyatlarini uning quyidagicha yozilgan fazasini analiz qilib aniqlab olish mumkin:

$$\varphi(t, z) = \omega_0 t - \frac{\omega_0}{c} z n = \omega_0 \left(t - \frac{z}{c} n_0 \right) - \Delta\varphi(t, z), \quad (1.2.7)$$

$$\Delta\varphi(t, z) = \frac{\varphi_0}{c} z n_2 A^2 (z - u_0 t)$$

Agar $n_2 A^2 \ll 1$ deb faraz qilsak, amplitudaning argumentida gruppaviy tezlik uchun uning zaif maydonlarida u_0 qiymatini qabul qilish mumkin. Yuqoridagi fikrga muvofiq, faza vaqtga $\omega_0 t$ had tufayligina emas, balki maydon amplitudasining kvadrati tufayli ham bog'liq. Tebranishlarni

analiz qilish bilan bog'liq bo'lgan boshqa masalalardagidek, faza muhitda tarqalish yo'nalishidagi l uzunlikda 2π ga yaqin kattalikka yetgan yoki undan oshgan holda, yani

$$l > l_{faz} \equiv \lambda/n_2 A_0^2 \quad (1.2.8)$$

Bo'lgan holda $\Delta\varphi$ qo'shimcha sezilarli bo'ladi (bu yerda A_0 - amplitudaning maksimal qiymati) va o'z-o'zini fokuslash uzunligiga o'xshash fazaning chiziqli bo'lmagan qismi 2π ga teng bo'ladigan uzunlik l_{faz} bilan belgilanadi. Masalan, $\Delta n = n^2 A_0^2 = 10^{-5}$ bo'lganda $\lambda = 0.7 * 10^{-4}$ sm bo'lsa (yoqutli lazer), $l_{faz} = 7$ sm bo'ladi. Uglerod sulfidda ($n_2 = 2 * 10^{-11}$ SGSE) yuqorida ko'rsatilgan qiymatlarga yoritilganlik 10^8 Vt/sm² bo'lganda erishiladi.

Quyidagi:

$$\frac{\partial \varphi(t,z)}{\partial t} = \omega_0 - \frac{\omega_0}{c} z n_2 \frac{\partial}{\partial t} [A^2 (z - u_0 t)] \equiv \omega(t) \quad (1.2.8)$$

Kattalik impuls o'rtacha chastotasining oniy qiymati manosiga ega. Agar chiziqli bo'lmagan muhitdan o'tgan impulsning spektrini spectral asbob yordamida qayd qilsak, uning spektrogrammadagi vaziyati vaqt o'tishi bilan (234.9) munosabatdagi ikkinchi hadga teng kattalikka o'zgaradi. $A^2(z - u_0 t)$ o'zi maksimal qiymatga ega bo'ladigan nuqtaga nisbatan simmetrik funksiya bo'lsin: u holda bu funksiyaning hosilasi antisimmetrik bo'ladi. Spektr qisqa va uzun to'lqinli tomonlarga bir xil kengayadi. Aks holda impulsning spektri simmetrik bo'lmagan ko'rinishga ega bo'ladi.

Spektrning chiziqli bo'lmagan $\Delta\omega_{ch.b}$ kengayishining son qiymatining tartibini baholash uchun $\partial\varphi/\partial t$ hosilani $\Delta\varphi$ ning impuls davom etadigan T vaqtga nisbati bilan almashtirish mumkin:

$$\Delta\omega_{ch.b} \approx \frac{\Delta\varphi}{T} \approx \Delta\omega \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = 2\pi \frac{l}{\lambda} \frac{n_2 A_0^2}{T} \quad (1.2.9)$$

Bu yerda biz munosabatdan foydalandik va impulsning chiziqli bo'lmagan muhitga kirishdan avvalgi spektrining $\Delta\varphi$ kengligi tushunchasini kiritdik. Agar $\Delta\varphi \gg 2\pi$ bo'lsa, formulaga asosan, chiziqli bo'lmagan $\Delta\omega_{ch.b}$ kengayish boshlang'ich $\Delta\omega$ kenglikdan ancha katta bo'ladi. Hozirgacha real dastalarning ko'ndalang kesimlari chekli ekanligi etiborga olinmadi va shu bilan muhitning bizni qiziqtirgan $l > l_{faz}$ qorida chiqarilgan.

Qalinliklarida o'z-o'zini fokuslash ham, difraksiya ham kuzatilmaydi deb faraz qilingan edi. Agar o'z o'zini fokuslash bilan diraksiya bir birini rosa kompensatsiyalasa, impuls amplitudasining ko'ndalang taqsimoti uning muhitda tarqalish vaqtida o'zgarmaydi, yani yuqorida chiqarilgan xulosalar xuddi ana shu holatga taaluqli. Agar quvvatning qiymati munosabat orqali aniqlanadigan bo'sag'a qiymatdan ortsa, u holda dastaning ko'ndalang kesimi o'z-o'zini fokuslash natijasida kamayadi va spektrning kengayishi juda murakkab bo'ladi. O'z-o'zini fokuslash natijasida maydon amplitudasining ortishi spektrning yanada ko'p kengayishiga olib kelishi sifat jihatidan tushunarli. Lekin o'z-o'zini fokuslash kuchli rivojlangan paytda energiyaning konsentrasiyasi juda katta bo'lganda Mandelshtam-Brillyuening majburiy sochilishi, majburiy kombinatsion sochilish va boshqalar kabi chiziqli bo'lmagan protseslar juda juda tasirli yuz berishini nazarda tutish kerak. Yarimo'tkazgichli mas, gaz lazerlarda aktiv muhit yarimo'tkazgichlardan bo'ladi. Bunday lazerda muhit optik va elekt-ronlar oqimi yordamida aktiv

holatga keltiriladi. Bu turdagi lazerlarda lazer o'tishlari o'tkazuvchanlik-valent zonalari va donorakseptor sathlari orasida bo'ladi. Bular lazer diodlari deyiladi. Yarimo'tkazgichli diod qalinligi 0,1 mm va yuzasi bir necha mm² bo'lgan kristall plastinkadan iborat (4-rasm). Bu diodlar orqali to'g'ri tok o'tkazilganda elektronlar yuqori zona yoki sathlarga o'tib, inversiya holati ro'y beradi. Elektronlar quyi zona (yoki sathlar)ga o'tganida elektron-kovaklar rekombinatsiyasi natijasida ajralgan energiya hisobiga lazer nuri generatsiyasi kuzatiladi. GaAs lazeridan chiquvchi in-fraqizil nurning to'lqin uzunligi $\lambda = 0,84$ mkm. Yarimo'tkazgichli lazerlardan aktiv moddasi CdS (ko'k nur), CdTe (qizil, to'q qizil nur-qirmizi), CaSb (qizil; infraqizil nur) bo'lgan lazerlar mavjud. Yarimo'tkazgichli lazerlarning tuzilishi sodda, o'lchami kichik va ular uzoq ishlay oladi.

Lazerlardagi nur quvvati qattiq jisimli lazer, suyuq jisimli lazer, gazli lazer, va yarimo'tkazgichli lazer tartibida, foydali ish ko'fisenti esa yarimo'tkazgichli lazer, suyuq jisimli lazer, gazli lazer va qattiqjisimli lazer tartibida kamayib boradi. nurning ingichkali-gi (tor burchak ostida yo'nalgashgagi) gazli lazerlarda eng yaxshi, yarimo'tkazgichli lazerlarda esa eng yomon. Kurilmaning o'lchamlari, og'irligi qattiq jisimli lazerlarda eng katta, gazli va suyuq, jisimli lazerlarda o'rtacha, yarimo'tkazgichli lazerlarda esa eng kichik. turli lazerlar nuri ultrabinafshadan tortib, ko'zga ko'rinadigan soha va infraqizil diapazonlarni qamrab oladi.

Lazer turli sohalarda keng qo'llaniladi. Qattiq jisimli lazerlar lazer spektroskopiyasida, lazer texnologiyasi (qattik, jismlarni qirqish, payvandlash, teshish) da, nochizig'iy optikada, gazli lazerlar esa chastota va uzunlikni standartlashda, optik sistemalarni sopash, marksheyder ishlarida, lazerlar kimyosida, tibbiyotda; yarimo'tkazgichli lazerlar ixcham, yengil bo'lib, optik aloqa sistemalarida, audio va video sistemalarida, tunda ko'rish qurilmalarida, ma'lu-motni optik qayta ishlash va proyeksion lazer televideniyesida keng qo'llanilmoqda. Kimyoviy lazerlar atmosfera tarkibini nazorat qilish

sistemalarida ishlatiladi. Lazerlar kriminalistika, Yer ustidagi uzok, masofalarda va suv osti optik aloqasida, nur tolali telefon aloqa sistemalarida, lazer kompakt-diski yasashda, xirurgik operatsiyalarda, oftalmologiyada, boshqariluvchi termoyadro sintezida ishlatiladi.

Lazer moddasi va unga energiya yig`ib beruvchi optik chuqurdan iborat bo`ladi. Lazer moddasi sifatida muayyan optik xossalarga va erkin elektronlarga ega modda (gaz, suyuqlik, qattqlik) ishlatilishi mumkin. Optik chuqur esa (eng oddiy holda) ikki ko`zgudan iborat bo`lib, yorug`lik ular orasida joylashgan lazer moddasidan o`tib turadi. Bunda ko`zgulardan biri yarim shaffof bo`lib, undan lazer nuri sizib chiqadi.

Yarimo`tkazgichli lazerning ishlash tamoyilini o`rganish. _Respublikamiz xalq xo`jaligining turli tarmoqlarida lazerlar va ular asosidagi tizimlar ko`plab qo`llanilmoqda. Eng ko`p ishlatiladigan lazerlardan biri – bu yarim o`tkazgichli lazer bo`lib , uning eng sodda turi yarimo`tkazgichli p-n o`tishda ishlaydi.

Yarimo`tkazgichli lazerlar ma`lumotlarni uzatishda ,qabul qilishda va qayta ishlashda ayniqsa ko`plab ishlatiladi. Albatda lazerlarning ishlashini tushunadigan va qo`llay oladigan mutahassislarni tayyorlash muhim ahamiyatga ega .Ushbu aytilganlardan kelib chiqqan holda , maktab ,litsey va kasb-hunar kollejlaridagi o`quvchilarini chuqurroq tushuntirib o`tamiz.

Lazerlar ishlashining fizik asoslari. _Alohida zarraning (atom, ion, molekula) yoki zarralar to`plamining ichki energiyasi yoki o`zaro ta`sirlashuv jarayoni kvant mexanikasi qonunlariga bo`ysunadi.Kvant tizimlarining xususiyatlari kvant tizimning energetik xolati bilan belgilanadi .Bunday kvant tiimlarning ichki energiyasi aniq diskret qiymatlarni qabul qiladi. Energiyaning ko`plab diskret qiymatlarini energiya sathlarida deb aytish qabul qilingan . Kvant tizimning bir energetik holatdan boshqa energetik holarga o`tishi sakrash yo`li bilan ro`y beradi. Bu jarayonda energiya nurlanishi yoki yutilishi mumkin. Bu energiya turli ko`rinishlarda bo`lishi,ya`ni elektromagnit

maydon, issiqlik yoki tovush bo'lishi mumkin. Ko'zga ko'rinuvchi elektromagnit nurlanish chiqaruvchi yoki yutuvchi kvant o'tishlarda optic o'tishlar deyiladi. Kvant tizimning eng kichik energiyali holatiga asosiy holat deyiladi. Bu holatdagi kvant tizim faqat energiya yutishi mumkin. Asosiy holatning energiyasiga nisbatan boshqa holatdagi kvant tizimning energiyasi katta bo'lib, bu holat g'alayontirilgan holat yoki turg'un bo'lmagan holat deyiladi. Kvant tizim turg'un bo'lmagan holatdan turg'un, ya'ni asosiy holatga qaytishga intiladi. Yuqori energiyali E_m sathda joylashgan (g'alayontirilgan) zarra ma'lum vaqt oralig'ida, ma'lum bir ehtimollik bilan energiya kichik, ya'ni quyi E_n sathda energiyasi $hn = E_m - E_n$ ga teng bo'lgan elektromagnit nurlanish chiqarib, o'tishi mumkin. Bu elektromagnit nurlanishning chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$\nu = (E_m - E_n)/h \quad (1.2.10)$$

G'alayontirilgan kvant tizimga, ya'ni yuqori energetik sathdagi zarraga chastotasi $\nu = \nu_{mn} = (E_m - E_n)/h$ bo'lgan tashqi elektromagnit to'lqin ta'sir etsa, bu zarraning nurlanish berib, quyi energetik sathda o'tish ehtimolligi keskin ortadi.

Yuqorida aytganlardan kelib chiqib, zarraning yuqori energiyali sathdan quyi energiyali sathda o'z-o'zidan (kvant tizimning ichki fluktuatsiyalar natijasida), ya'ni spontan o'tishida spontan nurlanish jarayoni ro'y beradi. Tashqi elektromagnit nurlanishi ta'sirida, yani $V_T = V_{mn}$ shart bajarilganda, zarra yuqori energiyali sathdan quyi energiyali sathga majburan o'tadi va bu jarayonda nurlanish beradi. Bu nurlanishga majburiy nurlanish deyiladi. Majburlovchi elektromagnit nurlanishning parametrlari zarraning majburiy nurlanish deyiladi. Majburlovchi elektromagnit nurlanishning parametrli zarraning majburiy o'tishidagi nurlanishining parametrlari bilan aynan bir xildir. Demak, majburlovchi

nurlanishining yoki fotonning (fotonni elektromagnit to'liq bo'lakchasi deb qarash mumkin) ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o'tgan o'tgan zarraning chiqargan fotonining chastotasi , fazasi ,qutblanishi majburlovchi fotonning parametrlari bilan aynan bir xil bo'lib, nurlanishning (foton oqimining) kogerentligini va o'ta yo'nalganligini ta'minlaydi.

Sathlarning invers bandligi. Issiqlik muvozanat holatida kvant tizimda N ta zarralar bo'lsa , zarralar sonining energetik sathlar bo'yicha taqsimoti yoki energetik sathlarning zarralar bilan b to'ldirilganliklarining nisbati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$N_n/N_m = \exp[-(E_m - E_n)/kT] \quad (1.2.11)$$

Bu yerda k - Boltsman doimiysi , E_n – pastki n - sathning energiyasi; E_m - yuqori m - sathning energiyasi; N_n – " n " - sathdagi zarralar soni (yoki to'ldirilganligi) ; N_m – " m " sathdagi zarralar soni (yoki to'ldirilganligi).

Ikkinchi formuladan ko'rinib turibdiki , $T > 0$ da $N_n < N_m$ bo'ladi, ya'ni termodinamik muvozanat holati yuqori energetik sathlarda zarralar soni pastki energetik sathlardagi zarralar sonidan doimo kam bo'ladi/ Energetik sathning energiyasi qanchalik yuqori bo'lsa , undagi zarralar soni shunchalik kam bo'ladi . Yutilayotgan energiya miqdori esa yuqori sathdagi zarralar soniga proporsional bo'lsa, u holda termodinamik muvozanat holatda energiyani yutilish jarayoni nurlanish jarayonidan ustun bo'ladi. Bunday muhitning yutilish darajasi $a > 0$ bo'lib , muhitdan o'tayotgan nurlanish intensivligi kamayadi.

Agar $N_n > N_m$ bo'lsa , muhitda energiya nurlanishi jarayoni energiya yutilishi jarayonidan ustun bo'ladi. Bunday muhitdan o'tayotgan nurlanishning intensivligi ortadi va oqimning kuchayish jarayoni ro'y beradi. Kvant tizimining $N_n > N_m$ shart bajarilgan holatida , invers bandlik holati

deyiladi. Ushbu holatli muhitni lazerning faol muhiti deyiladi. Kvant tizimni invers bandlik holatiga o'tkazish unga tashqaridan energiya berish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu jarayonda damlash jarayoni deyiladi. Kvant tizimning invers bandlik holati turg'un bo'lmagan holat bo'lib, u ma'lum vaqt o'tgandan so'ng o'zining turg'un, ya'ni muvozanatli holatiga qaytadi.

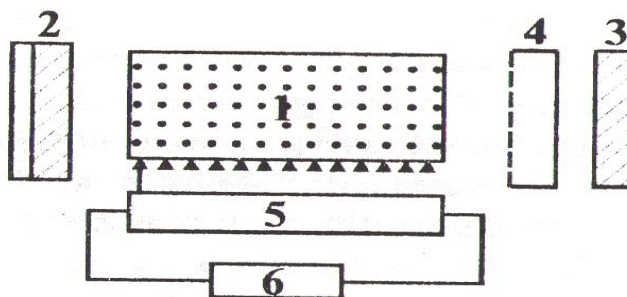
Turli sathlardagi ga'layontirilgan zarralarning yashash vaqti $10^{-6} - 10^{-9}$ sekundlar va undan ham ko'proq zarralarning yashash vaqtlari 10^{-3} sekundlar va undan ham ko'proq bo'lishi mumkin. Bunday energetik sathlarga metastabil (uzoq yashovchi) energetik sathlar deb aytiladi. Kvant tizimni ga'layontirish natijasida metastabil sathda zarralarni to'plash mumkin va bu sathda undan energiya bo'yicha kichik bo'lgan sathda nisbatan invers bandlik hosil qilish mumkin.

Invers bandlik hosil qilingan muhit elektromagnit nurlanishni kuchaytirish uchun xizmat qilishi mumkin. Buning uchun kuchaytirilayotgan nurlanish bo'lishi kerak. Majburiy nurlanish tashqi elektromagnit nurlanish ta'sirida yoki faol muhitni o'zida zarraning yuqori energetik sathdan qo'yi energetik sathga o'tishidagi hosil qilgan spontan nurlanishi ta'sirida hosil bo'lishi mumkin.

Nurlanishni faol muhitdagi yuqori energetik sathda joylashgan zarralar bilan ta'sirlashuvini va intensivligini oshirish uchun faol muhitni ikki ko'zgudan iborat optik resonator orasiga joylashtirish zarur. Optik resonator orasidagi faol muhitda nurlanishning uning o'qi bo'ylab tarqalib, ko'p marta ko'zgularga aks etish jarayonida faol muhit bilan ta'sirlashuv davomiyligi ortadi. Buning natijasida majburiy nurlanish ortadi.

Yorug'lik majburiy nurlanishi uchun yuqori energetik sathda g'alayonga kelgan atomlar sonini ko'paytirish lozim. Bu holat inversion holat deyiladi. Inversion holatni vujudga keltirish uchun quyi energetik holatdan atomlarni damlash yordamida yuqori energetik holatga o'tkazishadi. Inversion holat, faol modda vujudga keladi.

Rubin- qattiq kristall bo'lib, uning asosi alyuminiy oksididir (Al_2O_3). Uning kristall panjarasida tugunlarining ba'zi birlarida uch valentli ionlashgan xrom atomi (Cr^{3+}) joylashgan. Al_2O_3 kristallida xrom ionining konsentratsiyasi (0,03-0,5) % ni tashkil etadi.

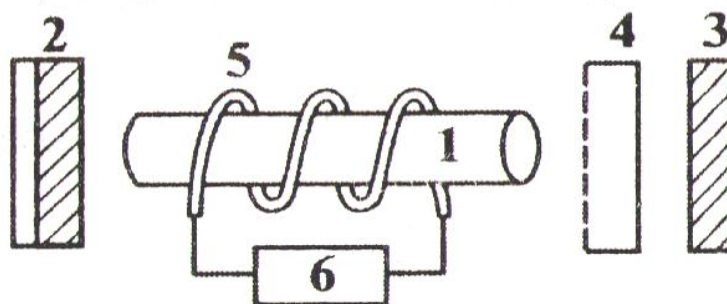


1.2.2-rasm. Qattiq jisimli lazerning umumiy chizmasi.

1-faol modda, 2 va 3 bir biriga parallel moslashtirilgan rezonatorlar, 4-yarim shaffof ko'zgu, 5-g'alayonga keltiruvchi manba, 6-tok manbai. Qattiq jisimli lazerlard faol moddalar: rubin kristalli, granata, shisha va boshqalar. Mexanik va fizik xususiyatlari bo'yicha rubin kristalli juda yaxshi lazer xomashyosidir.

Rubindan silindr yoki paralleliped shakli dasterjen tayyorlanadi va ularning asoslari juda yuqori darajada silliqlanadi. Kristallning asoslari bir – biriga parallel qilinadi va ular yupqa qatlamli kumush bilan qoplanadi. Ular rezonator vazifasini bajaradi (1.2.2-rasmda).

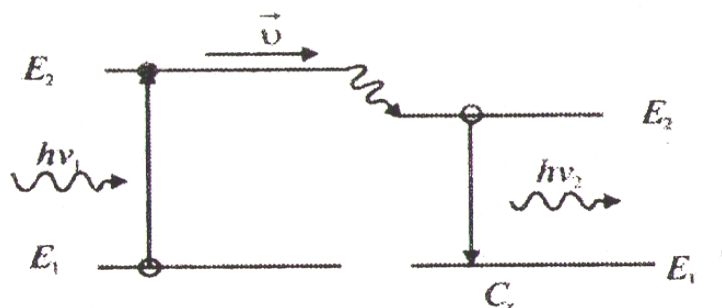
Lazer nuri hosil bo'lishda Kristall sterjen o'qi va uning optik o'qining bir-biriga nisbatan joylashishi katta ahamiyatga ega. Agarda sterjen o'qi va uning optik o'qi bir xil yo'nalgan bo'lsa, hosil bo'lgan lazer to'lqinlari aylana bo'ylab qutblanadi. Agarda sterjen o'qi va uning optik o'qi bir – biriga nisbatan 90° burchak ostida joylashgan bo'lsa, lazer to'lqinlari chiziqliqutblangan bo'ladi. Rubin kristallida inversion holatni hosil qilishda lampa – vspishkadan foydalaniladi. Ko'pchilik hollarda lampaning shakli spiralsimon ko'rinishda tayyorlanadi (1.2.3- rasm)



1.2.3. Rasm. Rubin kristallida invers holatni hosil qilish.

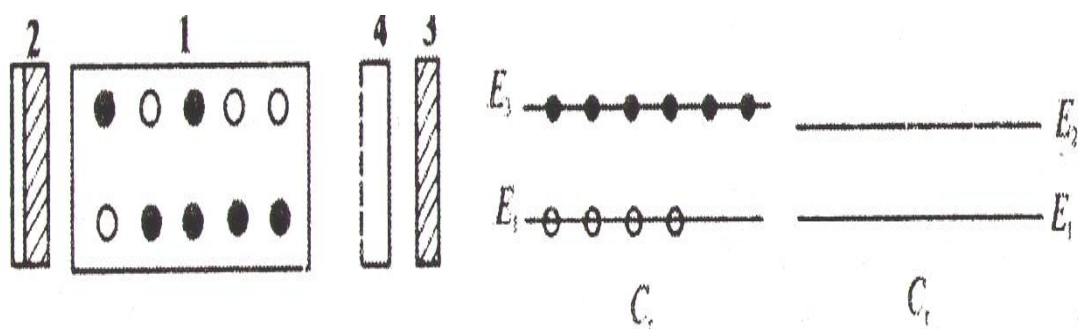
Rubin sterjeni yutgan hamma yorug'lik energiyasi nurlanmasdan , uning deyarli 50 % sterjeni isitishda sarflanadi . Isigan rubin sterjenning geometric shakli o'zgaradi va uning optic xususiyatiga ta'sir qiladi .Rubin lazeri uchun chegaraviy temperaturasi 1000K. Agarda rubin sterjenning temperaturasi undan oshsa , lazer ishlamaydi. Shu sababdan rubin sterjeni oqar suv yoki suyuq azot bilan sovitilib turadi .

Uch marta ionlashgan (Cr^{3+}) atomining vazifasi rubin kristallida inversion holatda vujudga keltirishdir. Rubin lazerida uch energetik sathli tamoyildan foydalanishadi.



(1.2.4- rasm). Rubin lazerida energrtik sathlar.

Lampaning $\nu_{3,4} = \frac{E_3 - E_1}{h}$ chastotasi E_1 energetik sathdagi atomlarning bir qismini E_3 energetik sathda o'tkazishga sarflanadi. E_3 energetik sathdagi g'alayonli atomlar energiyasining bir qismi kristall panjaraga uzatib, E_2 metastabil energetik sathga o'tadi .Bu jarayonni quyidagi rasmda batafsil ko'ramiz.

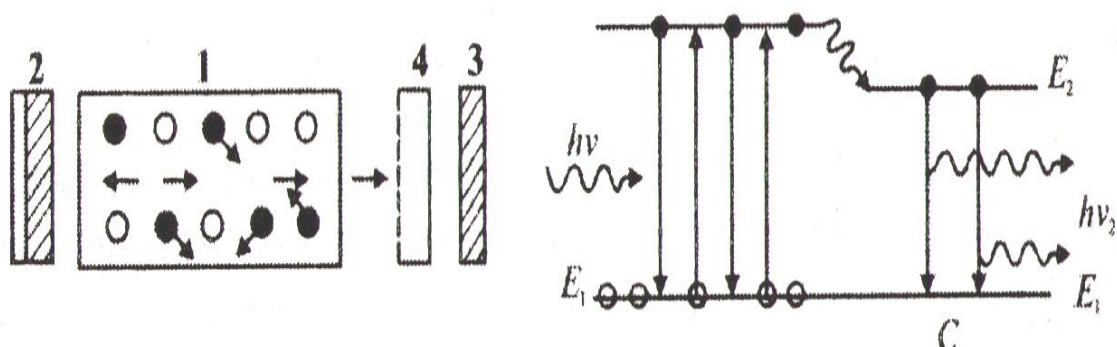


(1.2.5- rasm). Sathlarni inversiyasi.

Rubin kristalli yuksal chastotali lampa bilan yoritilganda atomlarning ma'lum qismi g'alayonga keladi, ya'ni atomlar E_1 energetik sathdan E_3 energetik sathga o'tadi.

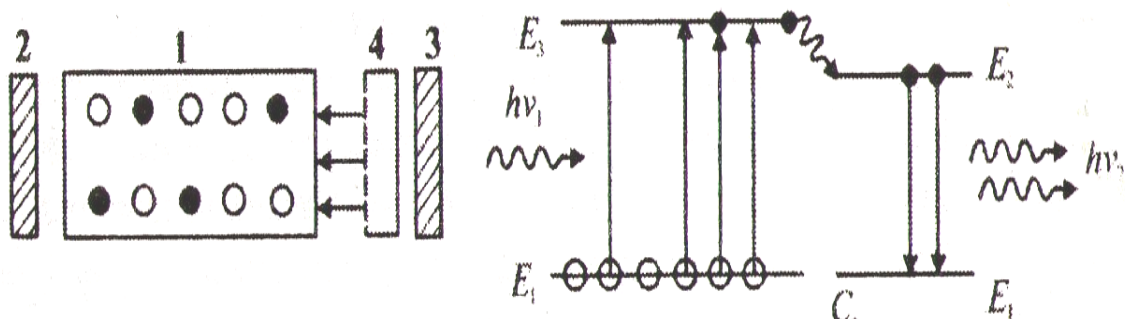
6- rasmning chap tomonida faol muhit ichida atomlarning vaziyatlari ,

(• - g'alayonga kelgan atomlar, O-normal holatdagi atomlar) o'ng tomonidan ularga tegishli energetic holatlarga keltirilgan . Garmonik belgi atomlarning 3- energetik holatidan 2-energetik holatga nur nur chiqarmasdan o'tish belgisi. Rasmdagi qora nuqtalar g'alayonli atomlar. Rubin kristallining o'qi bo'yicha hosil bo'lgan spontan nurlanishlar rezonatorlardan ko'p marta qaytishi tufayli yangi atomlarni g'alayonga keltiradi. Ba'zi bir atomlar E_3 energetik sathdan spontan E_1 energetik sathda o'tadi (trekka qora nuqtalar). Ba'zi bir g'alayonga kelgan atomlar energiyasining bir qismini rubin atomiga berib E_2 - energetik sathga o'tadi. Bu metastabil sath bo'lib , unda juda kichik vaqt oralig'ida g'alayonli atomlar soni keskin ko'payadi.



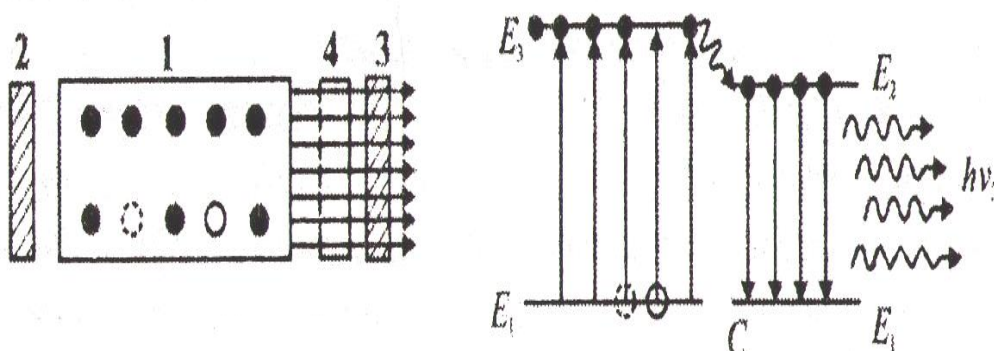
(1.2.6-rasm). Rubin kristalida g'alayonlanish holati

Ular tashqi maydon ta'sirida majburiy nurlanib E_1 - energetik sathga o'tadi. Rubin sterjenning o'qi bo'ylab tarqaluvchi nurlar ko'zgudan qaytib, kristallidan o'tayotganda yo'lida atomlarni g'alayonga keltiradi. Majburiy nurlanishlar soni oshadi.



(1.2.7-rasm). Majburiy nurlanishlarning oshishi.

Lampa bilan birgalikda ko'zgudan ko'p marta qaytgan nurlar majburiy nurlanishlar sonini keskin oshiradi. Natijada majburiy nurlar kuchayib , lazer nurlari hosil bo'ladi.



(1.2.8-rasm). Lazer nurining hosil bo'lishi.

Shunday qilib, faol moddalarga tashqi ta'sir natijasida kuchaytirilgan majburiy nurlanish hosil qilinadi. Hosil bo'lgan nurlar lazer nurlari deyiladi.

Lazer nurlari xususiyatlari :

- Kichik yuzali oqim bo'yicha yo'nalgan;
- Monoxramatik ;
- Solishtirma quvvati katta;
- Fazoviy va vaqtli kogerentli;

Shu sababdan lazer nurlari fan va texnikada keng qo'llaniladi.

Dispersiyalovchi muhitda yorug'lik impulsining tarqalishi. Biz ko'rib chiqqan holatlarda muhitda tarqalayotgan yorug'lik yassi monoxromatik to'lqin strukturasi ega edi. Endi ixtiyoriy ko'rinishdagi yorug'lik signali uchun ko'ramiz. Maydonning fazaviy strukturasi ilgaridagidek yassi to'lqin bilan ifodalaymiz. Sindirish ko'rsatgichining yorug'lik chastotasiga bog'liqligiga maydonning turli spektral komponentalar muhitdan o'tganda har xil fazoga ega bo'lishiga olib keladi. To'lqinlarning yig'indi natijasi fazalar taqsimotiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun chiqayotgan impulsning shakli kirayotgan impulsning shaklidan o'zgacha bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda yorug'lik impulsi dispersiyalovchi muhitda tarqalish prosesida deformatsiyalanadi. Rezonans sharoitlarda deformatsiya maksimaligini kutish mumkin, chunki yorug'lik chastotasi muhitning xususiy tebranishlari chastotasiga yaqin bo'ladi.

Shaffof optik tolada rezonans effekt bo'lmaydi, ammo tolaning katta uzunligi hisobiga impuls bilinear darajada buzilishi mumkin. Optik toladagi impuls buzilishlari tahlili ta'limotlarni uzatish masalasi muhimdir.

Demak chiziqli dispersiyalovchi muhitda $E_{chig}(t)$ yorug'lik impulsining shaklini hisoblab ko'ramiz. Bunda kiradigan impuls shakli $E_{chig}(t)$ va muhitning sindirish ko'rsatgichi ma'lum bo'lsin.

Bu masalani echish kiradigan impulsni Fure integraliga yoyishga olib keladi, ya'ni maydonning alohida monoxromatik komponentasini muhitda tarqalishining tasvirlash va chiqishda maydonlarni yig'ish. Muhit chiziqli va har bir yorug'lik to'lqini unda boshqalardagi mustasno tarqaladi.

Monoxromatik yorug'lik to'lqini. Ma'lumki chiziqli izotropik dispersiyalovchi muhitda yassi monoxromatik yorug'lik to'lqinining tarqalishi quyidagicha.

$$\vec{E} = \frac{1}{2} \vec{\varepsilon} \exp \left[i(\omega t - k(\omega)z) \right] + k \quad (1.2.12)$$

$\vec{\varepsilon}$ - maydonning kompleks amplitudasi, $K(\omega)$ to'lqin soni ya'ni

$$K(\omega) = \frac{\omega}{C} n(\omega) \quad (1.2.13)$$

Fer palasali yorug'lik signali. Impuls spektrining kengligi tashuvchi chastotadan juda kichik bo'ladi.

$$\Delta\omega \ll \alpha\omega_0 \quad (1.2.14)$$

Vaqt tilida aytganda impulslar yorug'lik tebranishlarning davridan salmoqli davomiy bo'lishi kerak.

$$\tau_p \gg T_0 \quad (1.2.15)$$

Optikada $T_0 = 10^{-14} - 10^{-15}$ s ekanligidan shart davomiyligi $\tau_p \geq 10^{-13}$ s bo'lgan impulslar uchun bajariladi.

Uzunligi r bo'lgan dispersiyalovchi muhit kesimi kirishiga tor polasali yorug'lik signali yetkazilsin.

$$\vec{E}_0(t) = \frac{1}{2} \vec{e} \varepsilon_0(t) e^{i\omega_0 t} + k \cdot q \quad (1.2.16)$$

Chiqishdagi signalni

$$\vec{E}(t) = \frac{1}{2} \vec{e} \varepsilon(t) e^{i\omega_0 t} + k \cdot q \quad (1.2.17)$$

ko'rinishda qidiramiz

Ampplitudalar $\varepsilon(t)$ va $\varepsilon_0(t)$ larni Fure integralni yozamiz.

$$\varepsilon_0(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_0(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (1.2.18)$$

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (1.2.19)$$

Unda yorug'lik tarqalish jarayoning yozish mumkin.

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_0(\omega) \exp[-ik(\omega)r] \quad (1.2.20)$$

Spektral amplitudani $\varepsilon_0(\omega)$ kirayotgan signalni kompleks amplitudasi $\varepsilon_0(t)$ orqali teskari Fure almashtirishi yordamida ifodalanadi:

$$\varepsilon_0(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_0(t) e^{-i\omega t} \cdot dt \quad (1.2.21)$$

Shunday qilib qo'yilgan masala deyarli yechiladi. Krish signali amplitudasi $\varepsilon_0(t)$ ko'rinishidan formulalardan dispersiyalovchi muhitning chiqishidagi signalni topish mumkin.

Formulalar uchta ketma-ket yechim etapini ifodalaydi. Kichik signalining Fure analizi dispersiyalovchi muhitda maydonning spectral komponentlarini almashtirishlar chiqishda signalning Fure - sentiri.

Dispersiyalovchi muhitda guruh funksiyasi va uzatishning chastotali koeffisienti. Agar natijalarni chiziqli sistemalar nazariyasida ifodalonsa echim yanada ko'rgazmali bo'ladi. Dispersiyalovchi muhitning chastita koeffisientini kiritamiz.

$$x(\omega) = \varepsilon_0(\omega) \exp[-ik(\omega)r] \quad (1.2.22)$$

Unda formulani quyidagicha yozish mumkin.

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_0(\omega) \cdot x(\omega) \quad (1.2.23)$$

Kichik va chiqish signallar amplitudalari o'zaro munosabatlarning olish uchun va formulalarini qo'yamiz.

$$\varepsilon(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_0(\theta) h \cdot (t - \theta) d\theta \quad (1.2.24)$$

qayerda

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (1.2.25)$$

Uzatishning chastota koeffisienti formula Dyumela..... integrali deyiladi. Formula bilan aniqlanadigan $h(t)$ berilgan chiziqli sistemaning grik funksiyasi deyiladi. Ko'rinadiki uzatishning chastota koefsenti va grin funksiyasi o'zaro Fure almashtirishi bilan bo'langan.

Dispersiyalovchi muhitning modeli: signalning tor palasasi shartini ishlatib konkiretlashtirilmasdan to'liq sonni ω_0 atrofida chastotaning darajalari bo'yicha Geller qatoriga yozish mumkin.

$$K(\omega) = K_0 + \omega K'_0 + \frac{1}{2} \omega^2 K''_0 + \dots \quad (1.2.26)$$

Bunda ω chastota ω_0 ga nisbatan boshlab ifodalanadi va quyidagicha belgilashlar kiritgan.

$$K_0 = K(0), \quad K'_0 = \frac{\partial K}{\partial \omega} /_0, \quad K''_0 = \frac{\partial^2 K}{\partial \omega^2} /_0 \quad (1.2.27)$$

Qatorning hadlar sonning tanlash bilan dispersiyalovchi muhitning turlicha modellarini olamiz. Modellardan muhimrog'g'I birinchi va ikkinchi tartibli dispersiyalovchi muhit modelidir.

$$K(\omega) = K_0 + \omega K_0^1 \quad (1.2.28)$$

$$K(\omega) = K_0 + \omega K_0^1 + \frac{1}{2} \omega^2 K_0'' \quad (1.2.29)$$

Endilikda bu modellar alohoda ko'rib chiqamiz.

Birinchi tartibli dispersiyali muhit fazaviy va guruhliy tezlik ketma-ket tartibda qo'yamiz.

$$h(t) = \delta(t - K_0^1 z) \exp(-ik_0 z), \quad \varepsilon(t) = (t - K_0^1 \dots) \exp$$

(-ik₀r) qayrda $\delta(t)$ delta funksiyasi bu

$$\bar{E}(t) = \frac{1}{2} \bar{e} \varepsilon_0 (t - K_0^1 r) \exp[(i\omega_0 t - K_0 r)] + k.q \quad (1.2.30)$$

Bu formula yorug'lik impulse birinchi tartibli dispersiyali muhitda shaklini o'zgartirmasdan tarqaladi ammo impulsning tarqalish tezligi yorug'likning fazaviy tezligidan farqlanadi.

$$U = \frac{1}{K_0^1} = \frac{\partial \omega}{\partial k} /_0 = V_f \quad (1.2.31)$$

$$V = \frac{\omega_0}{K_0} \frac{C}{n(\omega)} = V_f \quad (1.2.32)$$

Tushuvchi chastota sinusoydasi go'yoki sekin yuguruvchi impuls egilmasiorqali tortiladi.

Dispersiyalovchi muhitda impuls egilmasligining harakat tezligi (1.2.32) formula bilan aniqlanadi va yorug'likning guruhli tezligi deyiladi.

Guruhli tezlik tushunchasini oddiy bigormonik yorug'lik tezligi misolida tushintirish mumkin.

$$E = A \cos(\omega_1 t - K_1 z) + A \cos(\omega_2 t - K_2 z)$$

Shu ehtimollik bilan maydonni yozish mumkin.

$$E = F \left(t - \frac{\Delta K}{\Delta \omega} Z \right) \cdot \cos(\omega t - KZ) \quad (1.2.33)$$

qayerda

$$F(t) = 2A \cos(\Delta \omega t), \quad \Delta \omega = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}, \quad \Delta K = \frac{(K_1 - K_2)}{2},$$

$$\omega = \frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}, \quad K = \left(\frac{K_1 + K_2}{2} \right).$$

Bigarmonik to'liqinning tarqalishini (1.2.33) ikkita tezlik bilan tavsiflashi mumkin: fazaviy tezlik $V_f = \frac{\omega}{K}$ va gurihiy tezlik

$V_{gr} = \frac{\Delta \omega}{\Delta K}$ gurihiy tezlik egilmaning maksimumiga ta'siflaydi fazaviy tezlik tashuvchi fazaviy fronti harakatini ta'siflaydi:

Guruhli tezlik tushunchasi faqat tez palasali yorug'lik s shafof muhitda tarqalishida o'rinli bo'ladi. Rezanas sharoitida qachon yorug'lik impulsining kuchli burilishlarida va yutilishlarida bu tushunchani qo'llab bo'lmaydi.

Guruhli tezlik uchun (1.2.30, 1.2.31, 1.2.32) formulalardan foydalanamiz.

$$V_{gr} = \frac{V_f}{1 + \frac{\omega \delta n}{n \delta \omega}}$$

Guruhliy tezlik faqat normal dispersiyada (muhitning sindirish ko'rsatgichi haqiqiy va $\frac{m}{\partial \omega} > 0$) qo'llaniladi, formuladan ko'rinadiki umumiy xolda guruhli tezlik fazaviy tezlikdan kichikdir.

$$V_{gr} < \theta_f$$

Demak dispersiyalovchi muhitda yorug'lik yorug'lik to'liqinni modulyasiyasi va yorug'lik energiyasi signallarining sekinroq siljitdi. Vakumda (n=1) fazaviy va guruhli tezliklar C ga teng.

Ikkinchi tartibli dispersiyaga ega muhitning xususiyati shundaki, bunday muhitlarda guruh tezligi yorug'lik chastotasiga bo'liq bo'ladi. Guruh tezliklar dispersiyasi tushunchasi o'rinli bo'ladi.

$$V_{gr} = V_{gr}(\omega)$$

yuqoridagi formulalardan

$$\frac{1}{V_{gr}} = \frac{\partial K}{\partial \omega} = K'_0 + K''_0 \omega.$$

Guruhliy tezliklar dispersiyasi o'ziga xos fizikaviy effektlarda olib keladi yorug'lik impulsleri dispersion yoyiladi egiltiruvchi shakildagi impulsler hosil bo'ladi hamda ularning chastotasi (spektrni spektron qaytaradi. Bu holat optik tola asosida yorug'lik impulslerini davomiyligini boshqarish uchun qurilma yaratishda imkon beradi (xususan qisqa yorug'lik impulsleri generatorlari). Agar 1.2.30 formulani 1.2.30 1.2.31 formulalarga qo'yamiz

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \exp(-iK_0 z) \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\omega t - i\frac{1}{2}\omega^2 \tau_0^2) \cdot d\omega$$

Bunda

$$\theta = t - K_0^1 z, \quad \tau = \sqrt{k_0''} z$$

Puasson integralidan foydalanamiz va

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{ax^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

$h(t)$ uchun yaqqol ifodani topamiz.

$$h(t) = \exp(-ik_0 z) \frac{\exp(i\theta^2 / 2\tau_0^2)}{\sqrt{2\pi i \tau^2}} \quad (1.2.34)$$

Agar (1.2.32) ifodani (1.2.33) formulaga qo'ysak

$$h(t) = \exp(-ik_0 z) \frac{\exp(\theta^2 / 2\tau_0^2)}{\sqrt{2\pi i \tau^2}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_0(\tau) \exp\left(\frac{i\tau^2}{2\tau_0^2} - \frac{i\theta\tau}{\tau_0^2}\right) d\tau \quad (1.2.35)$$

Formula muhitda signalning kompleks amplitudasini kirish signalining amplitudasi orqali ifodaalanadi.

Olis zona spektron ifoda sutrukturasidan ko'rinadiki integrallash o'zgaruvchisining sohasi kirish impulsining τ_{k0} davomiyligi bilan chgaralangan. Bundan kelib chiqadiki yetarlicha katta masofalarda

$$\frac{\tau_{ko}^2}{2\tau_0^2} = \frac{\tau_{ko}}{2K_0 z} \ll \pi. \quad (1.2.36)$$

ifoda soda ko'rinishga keladi:

$$\varepsilon(t) = \exp(-iK_0 z) \frac{\exp(i\theta^2 / 2\tau_0^2)}{\sqrt{2\pi i \tau_0^2}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_0(\tau) \exp(-i\theta\tau / \tau_0^2) \cdot d\tau \quad (1.2.37)$$

Formula integral kirish impulsi complex amplitudasi Fure almashtirish hisoblanadi. Ifoda ko'rinishini formulani hidobga olib yozish mumkin.

$$\varepsilon(t) = \exp(-iK_0 z) \frac{\exp(i\theta^2 / 2\tau_0^2)}{\sqrt{2\pi i \tau_0^2}} \cdot \varepsilon_0(\omega) / \omega = \frac{\theta}{\tau_0^2} \quad (1.2.38)$$

Yoki $\tau_0 = K_0'' z$ qo'llab

$$\varepsilon(t) = \exp(-iK_0 z) \frac{\exp(i\theta^2 / 2k_0'' z)}{\sqrt{2\pi i k_0'' z}} \cdot \varepsilon_0(\omega) / \omega = \theta / k_0'' z \quad (1.2.39)$$

$$Z \succcurlyeq Z_{disp} \quad (1.2.40)$$

Qayerda

$$Z_{dis} = \frac{\tau_{ko}^2}{2\pi k_0''} \quad (1.2.41)$$

z- dispersiya tavsifli dispersion uzunlik sharti (1.2.40) ni qanoatlantiruvchi z masofani olis dispersion zona yoki olis zona deb ataymiz. Unda olingan natijani quyidagicha shaliklantirish mimkin. Olis zona yorug'lik impulse yutish spektri bilan qabul qilinadi. Bunday impuls spektron nomini olgan Impulsning dispersion yoyilishi. Kirish impulsining spektri kengligini $\Delta\omega$ orqali belgilaymiz. Bu kattalik kirish impulsining davomiyligi τ_{ko} bilan bog'langan.

$$\tau_{ko} \cdot \Delta\omega = 2\pi \quad (1.2.42)$$

Kattaliklar θ bilan ω orasidagi $\omega = \frac{\theta}{k_0'' z}$ munosabatdan formulalardan kelib chiqadiki, $\Delta\omega$ kattalik $\varepsilon_0(\omega)$ taqsimlanish kengligini tavsiflaydi.

$\Delta Q = \Delta\omega \cdot k_0'' z$ kattalik $\varepsilon_0(t)$ taqsimlanish kengligini tavsiflaydi, ya'ni impulsning davomiyligi ma'nosini aniqlanadi. Shuning uchun olis sohadagi impuls davomiyligi

$$\tau_k(z) = \Delta\omega'' k_0 z \quad (1.2.43)$$

Bu formula ko'rsatadiki dispersiyalanuvchi impulsning o'tilgan masofa uzayishi bilan impulsning davomiyligi chiziqli o'sadi. Bu effektda impulsning dispersiyali muhitlarda kuzatish guruhli tezliklar dispersiyasiga ega muhitlarda.

Olis sohada spektron hosil bo'lishi va uning dispersion yoyilishini oddiy analogiya bo'yicha tushuntirish mumkin.

Faraz qilamiz uzun distansiyada sportsmanlar yuguryapti va har qaysi o'zini doimiy tezligini saqlayapti. Qanday tartibda start olganiga qaramay ma'lum masofadan keyin tezkor yuguruvchi oldingi chiziqqa chiqib oladi. Qolganlari tezkorligiga to'dada o'zgara oladi. Ular orasidagi interval o'sib boradi.

Dispersiyalovchi muhitda ham shunday manzara kuzatiladi. Faqat sport simenlar rolini yorug'lik komponentlari o'ynaydi. Ular muhitda har xil tezliklar bilan harakatlanadi.

Ko'rilayotgan hodisani boshqa analogi yorug'lik nurlanishining Fraungofer difraksiyasi. Hodisani esga olamiz oily difraksion sohada maydonning turg'un burchak taqsimoti shakillanadi va u nurning

burchak sipektirini takrorlaydi. Nurning ko'ndalang o'lchami o'tilgan yo'lga proporsional o'sib boradi.

Baholash uchun formulani va tengliklarni inobatga olib yozish qulay.

$$\tau_n(z) = \frac{\tau_{n0} z}{\tau_{disp}} \quad (1.2.44)$$

Misol uchun optik tolada yorug'lik impulsning tarqalishini ko'ramiz. Optik tola uchun 1 mkm atrofidagi diapazonda $k_0'' = 3 \cdot 10^{-28} \text{ s}^2 / \text{sek}$ kattaligi tavsifli bo'ladi. Shuning uchun agar boshlang'ich impuls davomiyligi $\tau_{uo} = 10^{-12} \text{ e}$ bo'ls, unda formuladan aniqlanadigan dispersion uzunlik $z_{disp} = 5 \text{ m}$ bo'ladi.

Agar tola uzunligi 50m bo'lsa, chiqishida impuls doimiyligi $\tau_u = 10^{-11} \text{ s}$ bo'ladi ya'ni o'n martalik dispersion yorug'lik sodir do'ladi.

Kirish impulsi to'g'ri burchak shaklida bo'lsa, chiqishda τ_{is}

$$I(t) = I_{\max} \sin \left[c^2 (\pi \theta / \tau_n(z)) \right]$$

Qayerda $\theta = t - K_0' z$, $\tau_n(z)$ – chiqish impulse davomiyligi formu;adan aniqlanadi. $I_{\max}$ normallashtiruvchi intensivlik vaqtdan bog'liq emas.

Tarqalish invariantliklari. Agar dispersiyalovchi muhit shaffof bo'sa (optik tola) unda yorug'lik impulsi tarqalish jarayonida uning energiyasi

$$W = \text{cont} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} (\varepsilon)(t) / z dt \quad (1.2.45)$$

va spektrli

$$S(\omega) = I\varepsilon(\omega)I^2 \quad (1.2.46)$$

doimiy qoladi ya'ni tarqalish invariantlari hisoblanadilar spektrning invariantligi formulalaridan kelib chiqadiki. Porsival tezligiga ko'ra

$$\int_{-\infty}^{\infty} I\varepsilon(t)I^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)d\omega \quad (1.2.47)$$

Impuls spektrining kengligi ham tarqalish invarianti hisoblanadi.

Xulosa

1. Muhitning yorug'lik bilan ta'sir hodisasini elektiromagnit maydonlarning umumiy nazaryasidan kelib tushuntirish ko'p qiyichiliklar keltirib chiqardi.
2. Anizotropik muhitda sodir bo'ladigan dispersiyani oddiy va g'ayri oddiy sindirish ko'rsatkichlari fazalar farqini ifodalash qulaydir.
3. Fazalar farqini tanlash yo'li bilan optik tajribalari uchun muhim bo'lgan yarim va chorak to'lqin uzunlik ajratish mexanizmi spekraskopiya uchun samaralidir.

II.Bob. Lazerlarning tadqiqotlarda qo'llanishi.

2.1.Lazerlarning tibbiy diagnostikasi va moddalarning tahliliga ishlatilishi.

Qattiq jismlardan tayyorlangan lazerda (mas, yoqutli lazerda) 0,05% gacha xrom (Sg^{3+}) ionlari (aktivator) qo'shilgan alyuminiy oksid (Al_2O_3) dan tayyorlangan kizil kristall shisha tayoqcha ishlatiladi. Bunda yoqut silindr shaklida bo'lib, yoqut o'qining ikki uchiga optik rezonator hosil qiluvchi ko'zgular joylashtirilgan. Impulsli lampadan chiqayotgan yorug'lik tebrantirishni vujudga keltiradi. Lampaning yorug'ligi yoqutga tushganda, xrom ionlari lampadan chiqayotgan radiatsiya spektrining yashil va sarik, qismlarini yutib "uyg'ongan" aktivlashgan holatga o'tadi. Natijada nurlanishga tayyor aktiv muhit hosil bo'ladi va yoqutning o'qi bo'ylab ko'zguga tik yo'nalgan jala shaklida ko'payib boruvchi yorug'lik kvantlari paydo bo'ladi. Yoqutli lazerlarda generatsiyalanayotgan yorug'likning quvvati 20 kVt gacha yetadi. Ularning f.i.k. 0,1% dan 10% gacha. Lazer nuri generatsiyasi aktivatorning energiya sathlari orasidan o'tishiga bog'liq. Unda hosil bo'lgan infraqizil nurning to'lqin uzunligi 0,69 mkm. Qattiq jisimli lazerlardan neodim lazerida aktiv modda vazifasini neodim (Nd^{3+}) ionlari qo'shilgan shisha (CaWO_4) tayoqchadan foydalaniladi. Bu lazer 1,06 mkm li infraqizil nur chiqaradi.

Suyuq jismlardan tayyorlangan lazerda aktiv modda o'rnida "Rodamin-6J", piranin, tripaflavin va boshqa ishlatiladi. Bo'yoqni erituvchi sifatida spirt, atseton, toluol va boshqalardan foydalanib, aktiv modda shisha kyuvetaga joylash-tiriladi (2rasm). Azot lazer yordamida uyg'otiladigan bo'yoq lazerning sxematik tuzilishi ko'rsatilgan. Gazli lazerda [bi-rinchi gazli lazer (He-Ne) aralashmasida amerikalik olim A. Javan tomonidan yaratilgan] aktiv muhit gaz (yoki gaz aralashmasi)dan bo'ladi. Mac, geliy-neon (Ne-Ie)li aktiv muhit

geliy va neon gazlar aralashmasidan iborat (3-rasm). Gaz aralashmasi elektr razryadi bilan aktivlashgan holatga keladi. Bun-day lazerda generatsiya Ne ning sathlar orasidan o` tishida sodir bo` ladi. Bunda 3 ta to` lqin uzunlikdagi nur chiqadi: $\lambda_1=0,63$ mkm (qizil nur), $\lambda_2=1,15$ mkm va $\lambda_3=3,39$ mkm (infraqizil nurlar). Gazli lazerdan (Co_2+n_2) $\lambda=10,6$ mkm uzunlikdagi nur chiqadi. ionli va kimyoviy lazerlar ham gazli lazer hisoblanadi. ionli lazerda aktiv muhit-ionlashgan atomlar, kimyoviy lazerda esa kimyoviy reak-siyalarda "uyg`ongan" holatga o` tgan atomlar bo` ladi (ion sathlarda ishlovchi argon lazeri ko` k nur chiqaradi). o`zbekiston milliy unti (o`zmu)ning kvant radiofizika kafedrasida o` ta yuqori chastota sohasiga oid tranzistorli avtogeneratorlarda ishlovchi ixcham yengil lazeri yaratilgan.

Faol muhiti shisha bo` lgan lazerlarda aralshma sifatida neoden (Nd) , disproziy (Dy) , samariy (Sm) atomlaridan foydalaniladi.

Geliy-neon lazerlari quvvati bir necha o` n millivattga teng monoxromatik, yaxshi kollimatsiyalangan dasta nurlantiradi, imoulsli va uzluksiz rejimlarda ishlaydi, tuzilishi soda va ishlatilishi qiyosan bexatardir. Bunday lazerlar soektrning ham ko` rinuvchan, ham infraqizil sohalarida nurlanish hosil qiladi. Ular nurlanishining to` lqin uzunligi spektrning ko` rinuvchi sohasida uning qizil qismiga ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$) to` g` ri kelib, spektrning infraqizil sohasida esa to` lqin uzunligi 1150 va 3390 nm gat eng bo` ladi. Bunday turdagi asboblarda laboratoriyada qo` llaniladigan lazerning keng tarqalganturi bo` lib, bunda nurlanishning parametrlariga qo` yilgan talablar yuqorida ko` rsatilgan shartlar bilan cheklanadi.

Geliy-neon lazerining prinsipial sxemasi rasmda ko` rsatilgan. Bu yerda 1-diametri bir necha millimetr va uzunligi bir necha o` n santimetrdan 1.5 m gacha va undan ortiq bo` lgan gaz razryad shihsa trubkasi. Trubkaning ko` ndalang yonlari trubka o` qiga Bryuster burchagi hosil qilib joylashgan yassi-parallel shisha yoki kvars plastinkalar bilan yopilgan. Bu plastinkalarning

trubka o'qi bo'yicha tarqalayotgan hamda plastinkalarga yurug'lik tushish tekisligida qutblangan nurlanish uchun qaytarish koeffitsiyentlari nolga teng.

Geliyning trubkadagi bosimi taxminan 1 mm sim.ust.ga, neonning bosimi esa 0.1 mm sim.ust. ga teng. Trubkada past voltli manba yordamida qizdiriladigan 2 katod va silindrsimon bo'sh 3 anod bor. Trubkadagi anod bilan katod o'rtasida 1-2.5 kv gacha kuchlanish ulanadi. Trubkaning razryad toki bir necha o'n milliamperga teng. Geliy-neon lazerining razryad trubkasi 4.5 ko'zgular o'rtasiga qo'yiladi. Odatda sfera shaklida ishlangan bu ko'zgular ko'p qatlamli dielektrik qoplamali qilib yasilib, bu qoplamalarning qaytarish koessitsiyentlari katta qiymatlarga ega bo'lib, yorug'likni qariyb yutmaydi. Bir ko'zguning o'tkazishi odatda 2% ga teng, ikkinchisniki esa 1% dan kam bo'ladi.

Trubkaning katodi qizdirilgan hamda anod kuchlanishi ulangan bo'lsa, trubka yorug'lanadi va gaz-razryadining pushti rang ustuni yaqqol ko'rinadi. Ishlab turgan trubkaning tashqi ko'rinishi gaz razryad neon reklama trubkalariga o'xshash bo'ladi. Agar bu trubkaning yo'naltirilmagan nurlanishini spektroskop yordamida kuzatsak, neonning ko'rinuvchan spektrning turli sohalarida joylashgan ko'p spektral chiziqlarining to'plamini va geliy yorug'lanishining sariq chiziqlarini ko'ramiz.

Ko'zgular to'g'ri joylashtirilgan bo'lsa, ikkala ko'zgu (ayniqsa o'tkazish koeffitsiyenti katta bo'lgan ko'zgu) orqali to'lqin uzunligi 632.8 nm bo'lgan monoxromatik (qizil) yorug'likning yaxshi kollimatsiyalangan intensive dastalarining tarqalayotganini ko'ramiz. Bu dastalar geliy-neon lazerining nurlanish generatsiyalashi natijasida paydo bo'ladi. Uning spektrida to'lqin uzunligi 632.8 nm ga teng bo'lgan chiziqqina bo'ladi.

O'sha lazer yoqdamida infraqizil nurlanish generatsiyalash va kuzatish uchun gaz-razryad trubkasining ko'ndalang yonlaridagi oynalar infraqizil nurlanish uchun shaffof bo'lishi, rezonatorning ko'zgulari spektrning infraqizil sohasida yuqori qaytarish koeffitsientiga ega bo'lishi va nihoyat infraqizil

nurlanishga sezgir qabul qilgichga , masalan bolometr yoki fotodiodga ega bo'lishi kerak.

Neon sathlarining invers bandligini taminlaydigan protseslarini qisqacha muhokama qilaylik. Rasmda neon atomining energetik sathlarining soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan (o'ng tomonda). To'lqin uzunligi 632.8 va 1150 nm ga teng bo'lgan nurlanishga $E_3 \rightarrow E_1$ va $E_2 \rightarrow E_1$ o'tishlar mos keladi. Neon atomi E_4, E_3, E_2, E_1 sathlardan tashqari energiyalari E_3 dan kam bo'lgan 28 ta holatga ega bo'lib, ularning biz uchun ahamiyati yo'q va rasmda ular ko'rsatilmagan. Gaz-razryad plazmasining elektronlari bilan to'qnashish natijasida atomlarning bir qismi uyg'onadi, bu hol rasmda vertikal punktir strelkalar bilan ko'rsatilgan. Razryadning ma'lum rejimlarida E_2 va E_1 sathlarning invers bandligi uchun bu protses yetarli bo'lar ekan. Lekin $\lambda = 3390$ nm to'lqin uzunliklarga mos keladigan o'tishlar bo'ladigan E_3, E_1 va E_3, E_4 sathlar invers ravishda bandlanmagan bo'ladi.

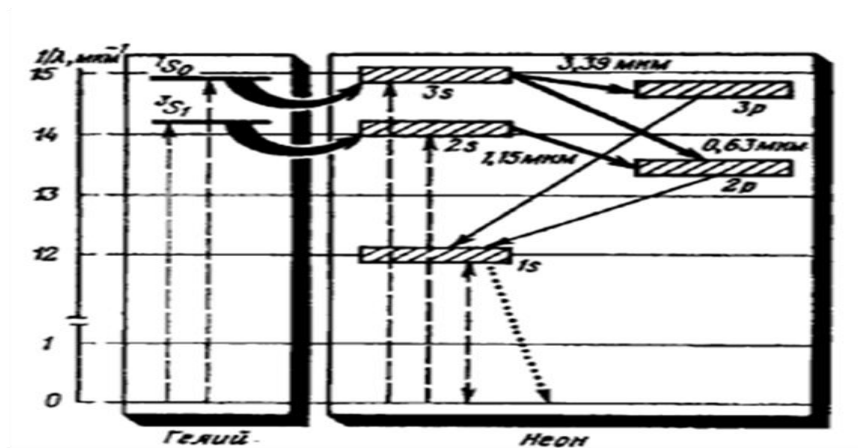
Agar razryad turubkasiga geliy kirgizsak ahvol butunlay o'zgaradi geli uzoq yashavchi metalstabil ikki E_2, E_3 holatiga ega ; bu holatlar elektronlar bilan to'qnashish vaqtida uyg'onadi va ularning yashash vaqti katta bo'lgani sababli geliyning metastabil atamlarining razryadidagi konsentratsiyasi katta bo'ladi geliyning metastabil holatlarining E_3, E_2 neonning E_3, E_2 energiyalariga yaqin bo'lib, bu hol geliy bilan neon to'qnashganda uyg'onish energiyasining gelidan neonga uzatilishi uchun qulaydir bu prosesslar gorizontall punktir strelkalar yopirdamida simvolik ravishda ko'rsatilgan. Natijada E_3, E_2 sathlarida joylashgan neon atomlarining konsentratsiyasi keskin ortadi E_3, E_1 sathlarning bandliklar farqi esa bir necha marta ko'payadi. Demak neonga gelining (taxminan 5 : 1 – 10 : 1 munosabatda) qo'shilishi geliy – neon lazerlaridagi generatsiyasi uchun juda muhim

Geliy – neon lazeri aktiv muhitning optik jihatdan yuqori darajada bir jinsli bo'lishi nurlanishni kollimasiyalashda va uning fazoviy kogerentligida

difraksion chegaraga oson yaqinlashishga imkon beradi agar Yung tajribasidagi tirqishlarni lazerdan chiqayotgan yorug'lik dastasi ko'ndalang kesimining chekkalarigacha sursak yuqorida aytilganlarni ko'rsatish oson bo'ladi. Bunda interferensiya manzarasining ko'rinuvchanligi o'zgarmay turadi.

Aniq miqdoriy tekshirishlar geliy-neon lazeri nurlanishining ($\lambda=632.8 \text{ nm}$) fazoviy kogerentlik darajasi γ_{12} biga yaqin ekanligini ko'rsatdi. Masalan dastaning ko'ndalang kesimidagi intensivligi o'qdagi intensivlikning 0.1% iga teng bo'lgan nuqtalar uchun oqimning kogerent bo'lmagan 1 - γ_{12} qismi taxminan 10^{-3} ga teng bo'lib o'qdagi nuqtalar uchun taxminan 10^{-5} ga teng. Hisoblar lazer nurlanishining kogerent bo'lmagan qismining qiymatlari yuqorida ko'rsatilgandek bo'lishiga uning aktiv muhitidagi spontdan chiqarish sababchi ekanligini ko'rsatadi.

Geliy-neon lazeri yuqori darajada kogerent bo'lgani tufayli turli xil interferensiya va difraksiya xodisalarni tekshirishda qo'llanishi kerak bo'lgan uzluksiz monoxromatik nurlanishning juda yaxshi manbayi bo'lib, bunday tekshirishlarni oddiy yorug'lik manbalari bilan o'tkazish uchun maxsus apparaturadan foydalanish zarur bo'lar edi. Geliy-neon lazerlarining turli xildagi variantlari biologic tekshirishlarda, lazerli a'loqa sistemalarida, golografiyada, mashinasozlikda, tibbiyot va texnikaning boshqa ko'p sohalarida keng qo'llaniladigan bo'ldi.

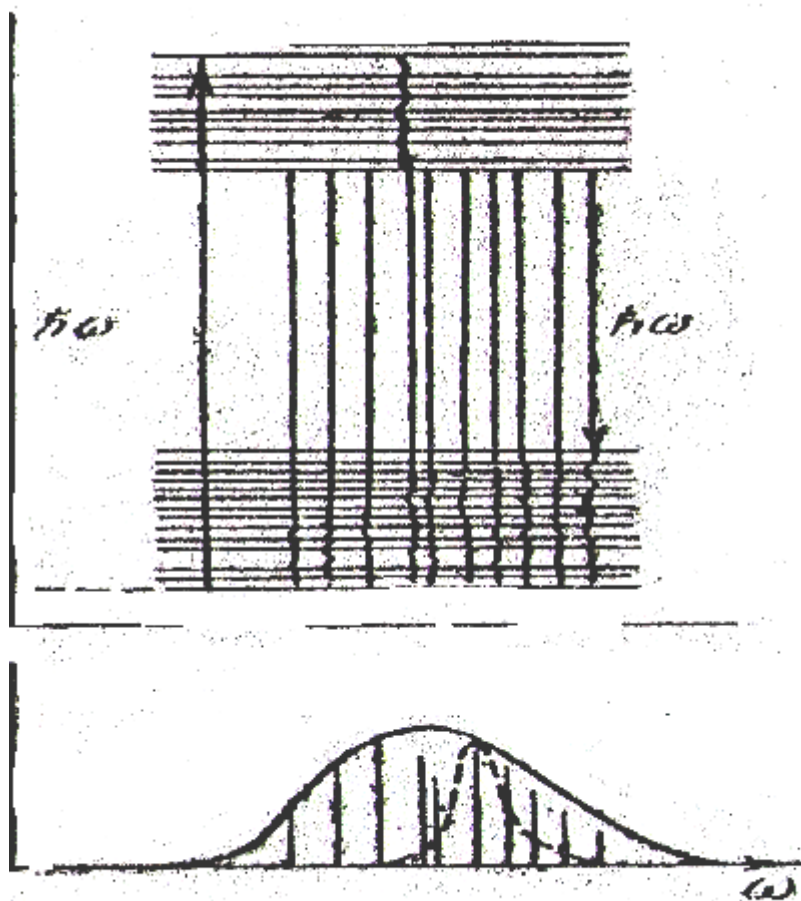


He-Ne lazer energetik sathlari.

**Generatsiya to`lqin uzunligi:
0.63 mm 1.15 mm va 3.39 mm**

Lazer nurlanishining kvazimonoxromatik komponentlari joylashishi mumkin bo`lgan spektral interval invers bandlikka ega bo`lgan sathlar o`rtasidagi o`tishga mos bo`lgan chiziqning kengligidan bir oz kichik, unga proporsional bo`lishi kerakligi ko`ramiz. Geliy-neon va yoqut lazerlarida chiziqlarning kengligi mos ravishda 0.03sm va 20smga, yuqorida aytilgan spektral intervallar esa 0.01sm va 1 smga teng aktiv muhiti bo`yoqlarning eritmalari bo`lgan optik kvant generatorlarida muhokama qilinayotgan parametrlarining qiymatlari ancha kattadir. Bo`yoqlar kimyoviy jihatdan qiyosan murakkab organik molekulalardan iborat bo`lib, bu molekulalarning fotolyumensensiya spektri minglab sm ga cho`ziladi.

Shunga mos ravishda spektrning bo`yoqlardan foydalanib generatsiya qilish mumkin bo`lgan qismlarning kengliklari ham yuzlab bazan minglab smni tashkil qiladi .



(2.1.1-rasm).Murakkab organik molekula energetik sathlari sxemasi.

Rasmda murakkab molekulaning energetik sathlari sxema tarzda ko`rsatilgan. Sathlarning yuqoridagi gruppasi molekula elektronlari uyg`ongan holatlarining biriga, pastagi guruppasi esa elektronlarning asosiy holatiga to`g`ri keladi. Ko`rsatilgan gruppalarning har birida molekula yadrolarining har birida molekula yadrolarining turli tebranma holatlariga mos bo`lgan sathlar bor. Tebranma erkinlik darajalarining soni ko`p bo`lgani uchun sathlarning yuqorigi va pastki gruppalarning strukturalari juda murakkab, lekin biz oldimizga qo`ygan maqsadga erishish uchun ularni konkretlashtirishning zaruriyati yo`q. Lyuminsensiya spektri molekulalarning yuqorigi gruppasathlaridan pastki gruppasathlariga o`tishlariga mos bo`lgan ko`p chiziqlardan iborat bo`lishi muhim bo`lib, ayrim chiziqlar ajralmaydi va ularning jami lyuminsensiyasining uzluksiz spektrini tashki qiladi bu hol rasmning paski

qismida sxema tarzda ko'rsatilgan bo'lib, bu yerdagi vertical kesmalar individual sathlar o'rtasidagi o'tishlarning Bor chastotalariga mos kelib, punktr egri chiziqliq ayrim spectral chiziqlarning konturini, tutash egri chiziqliq esa lyuminsensiya polasasining jami konturini ko'rsatadi.

Bo'yoq molekulalarini optik usulda uyg'otish vaqtida bo'lib o'tadigan protsesslarning umumiy manzarasini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Molekula $h\nu_{\text{uyg}}$ fotonni yutgandan so'ng asosiy holatdan uyg'otilgan elektron holatining bir yoki bir necha (uyg'otuvchi yorug'lik spektrining kengligiga qarab) tebranma sathlariga o'tadi rasmda bu protsess chap tomonda yuqoriga qaragan strelka bilan ko'rsatilgan. Molekula ichidagi protsesslar hamda erituvchi bilan o'zaro tasirlashish natijasida molekula yuqoridagi gruppaning eng pastki sathlariga nurlanishsiz o'tadi, bunday o'tish protsessi (yuqoridagi to'liqsimon strelka) juda qisqa (10^{-11} - 10^{-12} c) vaqtda bo'ladi. Yuqoridagi gruppaning pastki sathlaridan asosiy electron holatning hamma tebranma sathlariga o'tish (pastga yo'nalgan to'g'ri strelkalar) natijasida $h\nu$ fotonlar spontan ravishda yoki majburiy ravishda chiqariladi. Bu elektron tebranma o'tishlar bilan bog'langan va qisman ustma ust tushadigan chiziqlarning to'plami lyuminsensiyaning va kuchaytirishning keng tutash spektrini tashkil qilishini yuqorida aytdik.

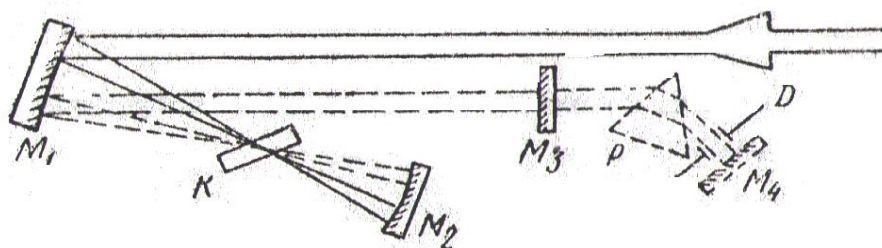
Ilgari sathlarning yuqoridagi gruppasi nisbatan aytilgan sabablarga binoan, asosiy elektron holatda uyg'otilgan tebranma holatlar tez (10^{-11} - 10^{-12} c) davomida so'nadi, natijada ularning bandligi kam bo'ladi (pastdagi to'liqsimon strelkalar). Shunday qilib, pastga yo'nalgan to'g'ri strelkalar bilan tutashtirilgan sathlar invers balandlikka ega bo'ladi.

Ko'rsatilgan sxema soddalashtirilgan bo'lib, generasiyaning rivojlanishini biror darajada qiyinlashtiradigan bir qator faktorlar bor. Xalaqit beradigan faktorlar qatoriga yoritilganlikning qiymatlari katta bo'lganda bo'yoq molekulalarining fotokimyoviy parchalanishi, uyg'otilgan electron

holatning eritmaning qizishi natijasida nurlanishsiz sinishi va boshqalar kiradi. Lekin bu to'siqlarning hammasi mahsus metodlardan foydalanish natijasida bartaraf qilinadi va turli xil bo'yoqlardan foydalanib (ularning soni hozirgi vaqtda yuzga yetdi) implusli va uzluksiz rejimda, spektrning keng (350dan 1000 nm gacha) sohasida va uyg'otuvchi nurlanish sifatida ksenon gaz – razryad lampalari va lazerlardan foydalanish generatsiyani amalga oshirish mumkin.

Rasmda uzluksiz rejimda ishlaydigan bo'yoq moddali lazerning optik sxemasi ko'rsatilgan. Uyg'otuvchi yorug'lik dastasini (tutash to'g'ri chiziqlarni) M_1 ko'gu bo'yoq eritmasi solingan K kyuvettaga fokuslaydi. Uyg'otuvchi yorug'likni uzluksiz ishlaydigan argon lazeri beradi. Qisman o'tib ketgan uyg'otuvchi yorug'likni M_2 kyuvetaga qaytaradi. M_1 , M_2 M_3 ko'zgular lazerning optic rezanatorini tashkil qiladi; punktr to'g'ri chiziqlar generasiya qilinayotgan dastaning tasvirlaydi; yorug'likning kyuveta chegaralaridan qaytishi tufayli bo'ladigan isroflarni kamaytirish uchun kyuvetani rezanator o'qiga nisbatan Bryuster burchagi ostida joylashtirish zarur.

Rodamin 6-G kabi bo'yoq eritmasi solingan lazer nurlanishining spektri ko'rsatilgan.



(2.1.2-rasm). Bo'yoq moddali lazerning optik sxemasi.

Spektrning bu holatdagi kengligi ikki nanometrga yaqin. Boshqa bo'yoqlardan foydalanish va uyg'otish quvvatini oshirish lazer nurlanishi

spektrning kengligini yanada ko'proq oshirish imkoniyatini beradi. Resonator xususiy chastotalarning diskretligiga bog'liq bo'lgan spektr rasmda ko'rsatilmagan. Spektrda ko'rinib turgan yorug' polosalar havoda doimo mavjud bo'lgan suv bug'larining yorug'likni yutishi natijasida paydo bo'lgan.

Agar M_3 ko'zgu o'rniga P prizma (spectral asboblarda qo'llaniladigan prizmalarga o'xshash) qo'yib M_4 ko'zguni rasmda punktr bilan ko'rsatilganidek joylashtirsak, lazer nurlanishining spektri keskin torayadi. Nurlanish spektri torayishining sababi dastaning prizma tomonidan og'dirilishining to'lqin uzunligiga bog'liqligiga bo'lsa kerak.

M_4 -ko'zguning ma'lum bir vaziyatda joylashishida va yorug'lik bu ko'zgu yuzining D diafragma bilan cheklangan ma'lum qismidan qaytganida ma'lum to'lqin uzunligiga ega bo'lgan yorug'likkina kyuvetta hajmining aktiv qismiga qaytadi.

Bio tibbiyotda diagnostik tatqiqotlarda yuqori spektlar sezgirli lazerlar ishlatiladi.

Xususan tirik organizmlarni tashqi muhit bilan gaz almashinuvi jarayonida gazsimon molekula–bio markerlarni tahlil qilinadi. Bu usulning ijobiy tomoni havo orqali yuqumli kasalliklarni organizimga kirishi oldini oladi.

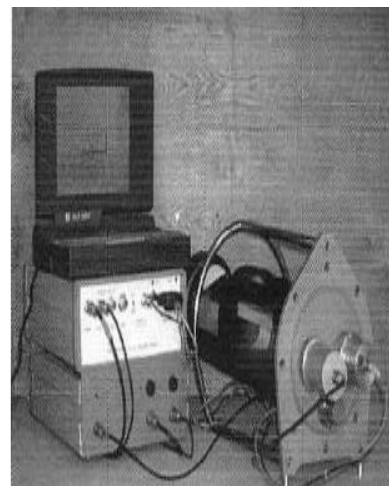
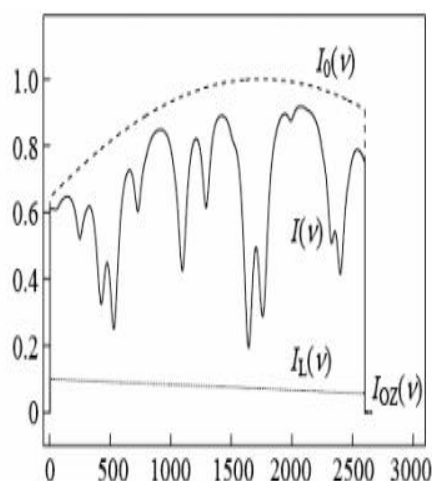
Qaralayotgan usulning alternativasi qon analizidir. Unda diabet ichki organlarning saratoni, jigar serozi aniqlanadi. Yangi tatqiqot usuli esa havo tarkibidagi atseton miqolariga qarab qand miqdori aniqlanadi. Chunki diabet bilan kasal langan bemorning qonidagi qand miqdori oshganda o'kasi atseton ajraladi. Natijada nafasdan mevahidi keladi. Havodagi atseton molekulalarning miqdori kamligi tahlil murakkablashadi. Shuning uchun diodli lazer spektroskopiyasi (D.L.S.) effektiv usul hisoblanadi.

Bu lazerlar juda tor chiziqlarda ($\Delta\lambda/\lambda < 10^{-7}$) nurlanadi va chastota generatsiyasi keng diapazonda amalga oshiriladi. Ishchi spektlar soha 0,6-40

mk gacha. Bu sohada ko'p sonli molekulalarning tebranma–aylanma (TA) yutilish spektri yotadi. Olinayotgan spektr molekulaning kimyoviy tarkibi va simmetriyasini aniqlaydi. Natijada yuqori aniqlik bilan kimyoviy birikma yutilishini yozish mumkin. Uzoq va yaqin, infra qizil sohalarni tor zonalik yarim o'tkazgichli lazerlar generatsiyalaydi. (Pb Sn Te, Pb S Se,). Yaqin infr qizil (0,9 -3,5 mkm) sohani Al Ga As, In Ga As birikmali lazerlar ta'minlab beradi.

Ga As lazerlar xona temperaturasida kam ishlay oladi. Bu lazerlardagi amplitudali va chastotali shovqinlar sathi past bo'lgani uchun alohida tebranma – aylanma spektrlari rezonans yutilishni qayd qilish imkonini beradi. Aniqlik tekshirilayotgan molekula, spektrini optik zichlik o'zgarishiga sezgirlik 10^{-7} va spektral sezgirlikning o'zgarishiga $3 \cdot 10^4 \text{ sm}^{-1}$.

Molekulalar va bio markerlarni tahlilida murakkab gaz aralashmalarini tarkibini ko'rishga to'g'ri keladi. Chunki nafasdagi havoda 300 dan ortiq muallaq kimyoviy birikmalar ishtirok etadi. Ulardan asosiylari H_2O , SO_2 infra qizil sohadagi yutilishni qaraganda tahlilga xalaqit beradi, sababi miqdor jihatdan ustunlikdir. Shuning uchun tadqiqotlarda H_2O , SO_2 uchun shaffof bo'lgan sohaga mos keluvchi intensiv chiziqlar tekshiriladi. Spektral chiziqlarni analitik xossasini solishtirishda Reley kretirisidan foydalaniladi. Qaralayotgan yuqori ajratish qobiliyatiga ega bo'lgan usulda modda konsentratsiyasini aniqlash Buger qonuni bo'yicha amalga oshadi.



(2.1.3-rasm). Spekttr gaz simon moddaning optik yo`ldagi intensivlik spektri va bu spektrni qayd qiluvchi diodli lazerli gazo analizator.

2.2.Fizikaning zamonaviy tatqiqot yo`nalishlari.

Zamonaviy fizika va astrofizikaning eng dolzab muammolaridan ikkitasi nochizig'iy optika va lazerkar fizikasi bilan bog'liqdir. Bundan tashqari fundamentall va sanoatda qo'llanilishi bo'yicha dolzarb muammolar ustida qizg'in ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bularga lazerlar to'lqin uzunliklarini ma'lum oraliqda boshqarish, aktiv muhitlar hossalari o'rganish, tibbiyotda va sanoatnig ba'zi sohalari uchun lazerlar yaratish, nano texno o'lchamli kvant nuqsolarda lazer nurlanishini hosil qilish borasida ilmiy tadqiqotlar ko'paymoqdadir.

Oksidlangan sirtlarning kinetik nuqtalarini tatqiq qilish.

Odatdagi optik usullarda modda sirtida hosil bo`ladigan jarayonning turli xil oksidlanish, konsentratsiyasini o`shishini aniqlab bo`lmaydi. Chunki Fure spektrida sezilmaydi. Biz bilamizki mikroelektronika, kimyo sanoatida, tibbiyotda sirtiy kuchayadigan jarayonlar bir necha Ag qalinlikda sodir bo`ladi. Juda tor spektral chiziqqa ega bo`lgan lazerlar yordamida sirtiy o`zgarishlarni aniqlash mumkin.

Kimyoviy tartibli tadqiqot usuli yorug'likning sirtdan qaytish hodisasini o'rganish usuliga yaqin. Farqlari sirtning turli nuqtalaridan turli burchaklarda qaytadi. Turli xil tashqi sharoitlarda kimyoviy va fizik xossalari o'zgaradi. sirti nuqtalarga kinetik nuqtalar deyiladi. Nuqtaviy lazerlar yordamida tarkibiy o'zgarishlarni tahlil qilish mumkin. Bu borada Samarqand davlat universitetida professor Quvondiqov boshchiligida ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Lazer nurlanishi tekshirilayotgan sirtga tushurilib kinetik nuqtalarning xossalari tahlil qilinadi. Bu xossalari tashqi muhitga vaqtga bog'liq o'zgaradi.

Lazerlarning aktiv muhitining turli ko'rinishlarini tadqiq qilish.

Lazerlarning aktiv muhitlari asosiy qism hisoblanib bevosita hosil qilingan nurlanishning fizik xossalari aniqlaydi. Shuningdek aktiv muhitlar lazerlarning qo'llanish sohalarini belgilaydi va kengaytiradi. Aktiv elementda lazer nuri hosil qilinadi va kuchaytiriladi. Aktiv elementlar: gaz, suyuqliklar, maxsus elementlar kiritilgan kristal va shisha, yarim o'tkazgichlar va hokazo.

$$I(z) = I_0 e^{-K\omega z} \quad (2.2.1)$$

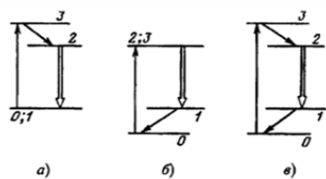
qonunda $K\omega > 0$ bo'lsa muhitda tarqalayotgan yorug'lik intensivligi yutilish hisobiga kamayib boradi.

Agar $N_n < N_m$ (inversiya) bo'lsa $K\omega < 0$ va bunday muhitda tarqalayotgan yorug'lik majburiy nurlanish sababli kuchayadi. Agar $N_n = N_m$ bo'lsa $K\omega = 0$ va bunday muhitda tarqalayotgan yorug'lik intensivligi o'zgarmaydi: yutilish va majburiy nurlanish hodisalari bir-birini muvozanatlaydi.

Aktiv element (muhit) yorug'lik intensivligini kuchaytirishi uchun $G > a$ shart bajarilishi kerak! $G = -K\omega$ kuchaytirish koeffitsienti. Optik rezonator

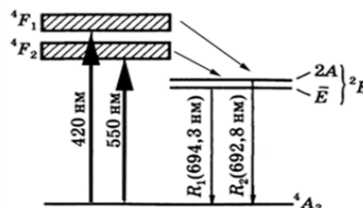
ichiga qo‘shimcha elementlarni (plastinka, prizma va h.k.) o‘rnatish mumkin va ular har xil vazifalarni bajaradi. Masalan, lazer nurini modulyasiya qilish, yorug‘lik spektrini toraytirish, lazerni kerakli rejimda ishlatish va h.k.

Al_2O_3 kristall panjarasida joylashgan Cr^{3+} ionining energetik sathlari va optik o‘tishlari nurlanishning hosil bo‘lishi, induksiyalangan nurlanish hosil bo‘lish soddalashtirilgan sxemalari quyidagi rasmda keltirilgan.



Aktiv elementlarning soddalashtirilgan Energetik sathlari.

Cr^{3+} ionning konsentratsiyasi 0.005%, 1cm^3 da 10^{19} atom bor.



Al_2O_3 kristalli panjarasida joylashgan Cr^{3+} ionining energetik sathlari.

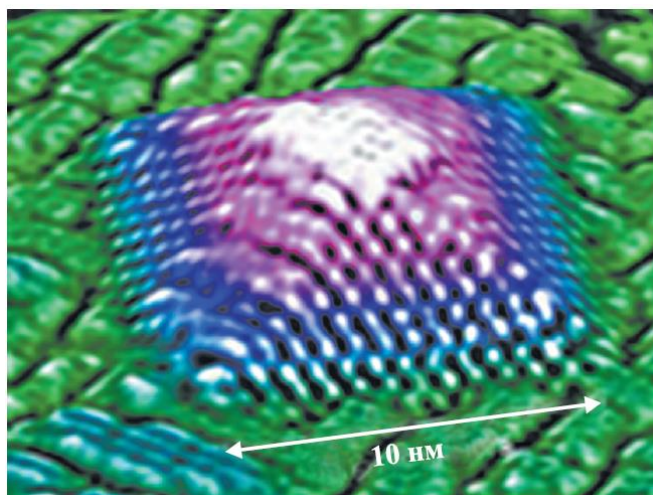
Energetik sathlarda yashash vaqti: $4F_1$ va $4F_2 - 10^{-8}\text{ c}$, $2E - 10^{-3}\text{ c}$

Birinchi yoqut lazerini Amerikalik olim T.Meyman 1960-yilda ishga tushirgan.

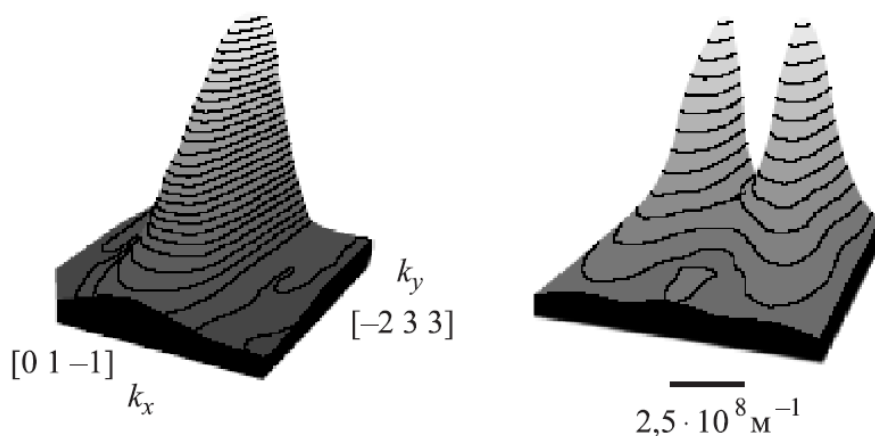
2.2.1-rasm. Uch valentli ionning kristalldagi energetik xossalari.

Rasmdan ko‘rinadiki induksiyalangan nurlanish aktiv muhit elementda paydo bo‘lishining uch xil varinti bo‘lishi mumkin. SHuningdek optik o‘tishlar, hamda nurlanishlar to‘lqin uzunligi keltirilgan.

Nano o‘lchamli qatlamlardan hosil qilinuvchi materallarda kvant nuqtalar(nuqsonlar) paydo qilinib, ularda fotonlar kvantini ajratish va invers nurlanishlarni tadqiq qilish borasida ilk tajribalar boshlangan. Natijada lazerlarning yangi avlodi yaratilishi imkoni tug‘iladi.



(2.2.2-rasm). Kremniy taglikdagi germaniy kvant nuqtasi. Yakka foton manbai.



(2.2.3-rasm). Elektronning tajribada oʻlchangan kvant nuqtasida asosiy va birinchi uygʻotilgan xolatlarda boʻlish ehtimolligi zichligi.

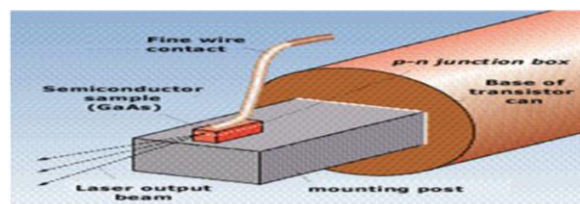
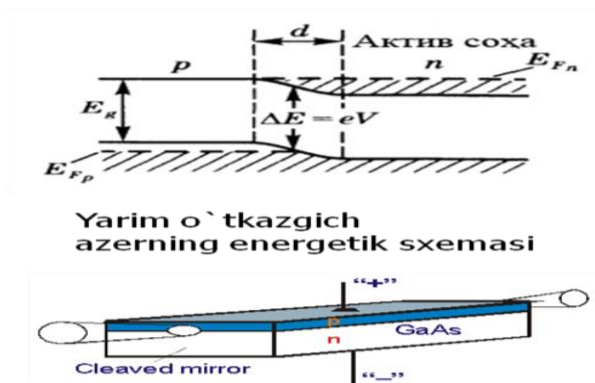
Zamonaviy lazerlarni ishlab chiqarayotgan jahonning taniqli tashkilotlari va lazerlarning fizik xarakteristikalari quyidagi jadvalda keltirildi.

Jadval-1.

№ t/r	Mamlakat firmalari.	λ , mkm	T , ps	$R, 10^{12}$ Vt	I , Vt/sm ²
		55			

1	Lawrence Livermore Nat. Lab. (USA)		500	1000	$>10^{20}$
2	California Univ. (USA)	1.06	30	50	5×10^{19}
3	Michigan Univ. (USA)	0.78	30	40	2×10^{19}
4	Texas Univ. (USA)	0.78	35	20	2×10^{17}
5	Rutherford Lab. (Great Britain)	1.06	500	1000	$>10^{20}$
6	Astra (Great Britain)	0.8	40	40	3×10^{18}
7	Institute of Laser Engineering. (Japan)	1.06	500	1000	10^{20}
8	Jap. Atomic Energy Agency (Japan)	0.78	30	500	10^{20}
9	MBI (Berlin, Germany)	0.78	30	100	10^{19}
10	ATLAS (Germany)	0.78	100	30	5×10^{18}
11	LULI (France)	0.78	30	100	5×10^{19}
12	LOA (France)	0.78	30	100	5×10^{19}
13	Lund (Sweden)	0.78	30	30	10^{19}
14	Changhai Inst. Opt. (China)	1.06	500	1000	10^{20}
15	IPF (g. Nijniy Novgorod, Rossiya)	0.78	40	560	10^{20}
16	NIKI OEP (g. Sosnovyy Bor,	1.06	1000	40	10^{19}

	Rossiya)				
17	SNIImash (g. Korolev, Rossiya)	1.06	1500	10	2×10^{18}
18	GOI (g. Sankt-Peterburg, Rossiya)	1.06	1500	5	10^{18}
19	IOFAN (g. Moskva, Rossiya)	0.78	40	0.5	10^{18}
20	MGU (g. Moskva, Rossiya)	0.78	55	0.4	10^{18}
21	VNIITF(g. CHelyabinsk, Rossiya)	1.06	1500	5	10^{18}



(2.2.4-rasm). Yarim o'tkazgichli lazer

Lazer nurining davomiyligi Lazer nurining davomiyligi uning ishlash rejimiga bog'liq:

- Uzluksiz ish rejimi (nurning davomiyligi istalganicha bo'lishi mumkin).
- Erkin generatsiya rejimi (davomiyligi $\approx 10^{-3}$ sek),
- Gigant impulsar ($\approx 10^{-8}$ sek),
- Aksial moddalar sinxronizatsiyarejimi ($\approx 10^{-11}$ sek),

- Pikosekund impluslarni suniy qisqartirish rejimi ($< 10^{-12}$ sek),
- Attosekund ($< 10^{-15}$ sek) impluslar olish rejimi,

Xulosa.

1. Lazer nurlanishining kvazimonoxromatik komponentlari joylashishi mumkin bo'lgan spektral interval invers bandlikka ega bo'lgan sathlar o'rtasidagi o'tishga mos bo'lgan chiziqning kengligidan bir oz kichik.
2. Lazerlarning aktiv muhitlari asosiy qism hisoblanib bevosita hosil qilingan nurlanishning fizik hossalarni aniqlaydi. Shuningdek aktiv muhitlar lazerlarning qo'llanish sohalarini belgilaydi va kengaytiradi. Aktiv elementda lazer nuri hosil qilinadi va kuchaytiriladi.

Xotima .

Lazer fizikasida zamonaviy tadqiqotlar yo'nalishlarini o'rganish davomida quyidagi hulosalarni qildim.

1. Lazer fizikasida zamonaviy tadqiqotlar yo'nalishlari bo'yicha etarlicha ma'lumot yig'dim.
2. Lazerlarning aktiv muhitlari asosiy qism hisoblanib bevosita hosil qilingan nurlanishning fizik hossalarni aniqlaydi. Shuningdek aktiv muhitlar lazerlarning qo'llanish sohalarini belgilaydi va kengaytiradi.
3. Faol muhitlari asosiy qism hisoblanib bevosita hosil qilingan nurlanishning fizik hossalarni aniqlaydi. Shuningdek aktiv muhitlar lazerlarning qo'llanish sohalarini belgilaydi va kengaytiradi.
4. Anizotropik muhitda sodir bo'ladigan dispersiyani oddiy va g'ayri oddiy sindirish ko'rsatkichlari fazalar farqini ifodalash qulaydir.
5. Fazalar farqini tanlash yo'li bilan optik tajribalari uchun muhim bo'lgan yarim va chorak to'lqin uzunlik ajratish mexanizmi spekraskopiya uchun samaralidir.
6. Mazkur malakaviy bitiruv ishida qo'yilgan maqsad rejalashtirilgan asosda nihoyasiga yetkazildi deb hisoblayman.

Adabiyotlar.

1. I.A.Karimov “Yuksak manaviyat yengilmas kuch” . Toshkent 2008й. 4-12 b.
2. O'zbekiston Respublikasining ” Ta'lim to'g'risidagi qonuni ”. Toshkent-1997-yil. 7 - 22 b.
3. Mirziyoyev Sh.M. Tanqidiy tahlil qat'iy tartib intizom va shaxsiy javobgarli-har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo'lishi kerak. T: “O'zbekiston 2017 ”44-b.
4. Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц, Теория поля, М.,1989. 112 b.
5. Landsberg G.S Optika T: “O'qituvchi 1981” 782-840 b.
6. А.Тешабоев, С.Зайнобиддинов, Ш.Эрматов. Қаттиқ жисм физикаси. Тошкент, Молия, 2001 йил.131-187 b.
7. И. М. Лифшиц., М.И.Каганов. Некоторые вопросы электронов теории металлов. УФН. 1967г. Т.18. вып.3. С. 411-461 b.
8. А. Абрикосов. Основы теории металлов. М.: Наука.1978 у. 520 b.
9. Jumaboyev A Yorug'likning qutublanishi va lazerlar. Samarqand 1999y. 220 b.
10. В.Ф.Гантемахер., И.Б.Левинсон. Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках. М.:Наука. 1984г. 280 b.
11. А.А.Шishlovskiy. «Prikladnaya fizicheskaya optika» Moskva 1961. 379-417 b.
- 12.N.M.Gadjaev. «Optika» Moskva, vistoe shkole 1972. 279-284 b.
- 13.C.A.Axmanov, S.YU.Nikitin. Fizicheskaya optika. izdotestvo Moskovskogo universiteta. 1998 g. 138-143 b.
14. A. S. Axmanov, M. A. Voronsov. Новые fizicheskie prinsipy opticheskoy obrabotki informatsii. М. «Nauka»1989 g. 144-263 b.

15. www.Ziyonet.uz O'z- axbarot ta'lim resurslar internet portali.
16. www.misht.ru/e-libra.ru
17. www.phusis.ru
18. www.krism-prometu.ru
19. www.presentation.ru
20. www.phusikal-sustemus.ru