

**SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI PEDAGOG KADRLARNI
QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING
MALAKASINI OSHIRISH MINTAQAVIY
MARKAZI**

FOTONIKANING ZAMONAVIY MASALALARI

**MODULI BO'YICHA
O'QUV-USLUBIY
MAJMUA**

2024

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH MINTAQAVIY MARKAZI**

FOTONIKANING ZAMONAVIY MASALALARI

Tuzuvchi: prof.A.Jumabayev

Samarqand 2023

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

Ro'yxatga olindi
№ MOJ-23
2023-yil

Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar
vazirining 2023-yil
25 avgust kuni
391 - sonli buyruq bilan
tasdiqlangan



"Fizika"

yo'nalishi bo'yicha oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarini
qayta tayyorlash va malakasini oshirish kursining o'quv dasturi

Toshkent – 2023

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLYI TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

OLYI TA'LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL
ETISH BOSH ILMIY — METODIK MARKAZI

O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH TARMOQ (MINTAQAVIY) MARKAZI

*Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursining o'quv dasturi Oliy, o'rtta maxsus va
professional ta'lim yo'nalishlari bo'yicha o'quv-uslubiy birlashmalar faoliyatini
Mavofiqlashtiruvchi kengashining
2023-yil 11.02. dagi 4 - sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.*

- Tuzuvchilar:** "Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning
ma'naviy asoslari" moduli: ya.f.b., PhD F.B.Masradox.
"Oliy ta'limning normativ-huquqiy asoslari" moduli: ya.f.n., prof.
V.Topildiyev.
"Pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalar" moduli: t.f.d.,
prof. D.Irgasheva, Sh.Adashboyev, p.f.b., PhD A.Obidov.
"Ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish" moduli: i.f.d., prof.
R.Nurimbetov, p.f.b., PhD J.Kashebayev.
"Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish" moduli:
p.f.d., prof. N.A.Muslimov, R.Dj.Ishmurov, A.Turayev
"Ta'lim sifatini ta'minlashda baholash metodikalari" moduli: p.f.d.,
p.f.d., prof. N.A.Muslimov, p.f.d., prof. J.Tolipova, p.f.b., PhD
M.Ismatov.
"Nanotexnologiyning fizikaviy asoslari va amaliyotda qo'llanishi"
moduli: O'zMU, "Fotonika" kafedrası dotsenti, i.f.f.d., (Ph.D) dots. U.
A. Sharifov.
"Fotonikaning zamonaviy masalalari" moduli: O'zMU, "Fotonika"
kafedrası mudri, f.-m.f.n. T.Axmadjanov.
- Taqrietchilar:** I.m.f.d., prof., Sh.U.Yuldashev O'zbekiston milliy universiteti
- Xarijiy ekspert:** Ph.D, prof. Xyon-Dju Li – Cheju O'zbekiston milliy universiteti (J.
Korea)

*O'quv dasturi O'zbekiston Milliy universiteti Kengashining qarori bilan tuzilgan
qilingan (2023-yil _____ dagi _____ - sonli bayonnomasi).*

Kirish

Ushbu dastur O'zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda tasdiqlangan "Ta'lim to'g'risida"gi Qonuni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iyundagi "Oliy ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida"gi PF-4732-son, 2019-yil 27-avgustdagi "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida"gi PF-5789-son, 2019-yil 8-oktabrdagi "O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5847-son, 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son, 2023-yil 25-yanvardagi "Respublika ijro etuvchi hokimiyat organlari faoliyatini samarali yo'lga qo'yishga doir birinchi navbatdagi tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi PF-14-son Farmonlari, shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 23-sentabrdagi "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 797-son Qarorida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo'lib, u oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg'or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o'zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko'nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan mavzular ta'lim sohasi bo'yicha pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish mazmuni, sifati va ularning tayyorgarligiga qo'yiladigan umumiy malaka talablari va o'quv rejaları asosida shakllantirilgan bo'lib, uning mazmuni yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning ma'naviy asoslarini yoritib berish, oliy ta'limning normativ-huquqiy asoslari bo'yicha ta'lim-tarbiya jarayonlarini tashkil etish, pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish, ilmiy-innovatsion faoliyat darajasini oshirish, pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish, ta'lim sifati ta'minlashda baholash metodikalaridan samarali foydalanish, nanotexnologiyaning fizikaviy asoslari va amaliyotda qo'llanishi, fotonikaning zamonaviy masalalari bo'yicha tegishli bilim, ko'nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan.

Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursining o'quv dasturi quyidagi modullar mazmunini o'z ichiga qamrab oladi:

- 1.1. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning ma'naviy asoslari.
- 1.2. Oliy ta'limning normativ-huquqiy asoslari.
- 1.3. Pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalar.

- 1.4. Ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish.
- 1.5. Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish.
- 1.6. Ta'lim sifatini ta'minlashda baholash metodikalari.
- 1.7. Nanotexnologiyaning fizikaviy asoslari va amaliyotda qo'llanishi.
- 1.8. Fotonikaning zamonaviy masalalari.

Malakaviy attestatsiya

Kursning maqsadi va vazifalari

Oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish kursining maqsadi pedagog kadrlarning innovatsion yondoshuvlar asosida o'quv-tarbiyaviy jarayonlarni yuksak ilmiy-metodik darajada loyihalashtirish, sohadagi ilg'or tajribalar, zamonaviy bilim va malakalarni o'zlashtirish va amaliyotga joriy etishlari uchun zarur bo'ladigan kasbiy bilim, ko'nikma va malakalarini takomillashtirish, shuningdek ularning ijodiy faolligini rivojlantirishdan iborat

Kursning vazifalariga quyidagilar kiradi:

"Fizika" yo'nalishida pedagog kadrlarning kasbiy bilim, ko'nikma, malakalarini takomillashtirish va rivojlantirish;

- pedagoglarning ijodiy-innovatsion faollik darajasini oshirish;

- pedagog kadrlar tomonidan zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, zamonaviy ta'lim va innovatsion texnologiyalar sohasidagi ilg'or xorijiy tajribalarning o'zlashtirilishini ta'minlash;

— o'quv jarayonini tashkil etish va uning sifatini ta'minlash borasidagi ilg'or xorijiy tajribalar, zamonaviy yondashuvlarni o'zlashtirish;

"Fizika" yo'nalishida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarini fan va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar bilan o'zaro integratsiyasini ta'minlash.

Kurs yakunida tinglovchilarning bilim, ko'nikma va malakalari hamda kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar:

Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursining o'quv modullari bo'yicha tinglovchilar quyidagi yangi bilim, ko'nikma, malaka hamda kompetensiyalarga ega bo'lishlari talab etiladi:

Tinglovchi:

- 2022- 2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasining davlat va jamiyat hayotini takomillashtirishdagi o'rni va ahamiyatini;
- O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining asosiy prinsiplarini;
- Oliy ta'lim sohasiga oid qonun hujjatlari va ularning mazmunini;
- O'zbekiston Respublikasi Prezidentining oliy ta'lim tizimiga oid farmonlari, qarorlarini;

- O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining oliy ta'lim tizimiga tegishli qarorlarini;
- Oliy ta'lim, fan va innovatsiya vazirligining ta'lim jarayonlarini rejalashtirish va tashkil etishga oid buyruqlarini;
- Davlat ta'lim standartlari, ta'lim yo'nalishlari va magistratura mutaxassisliklarining Malaka talablari, o'quv rejalari, fan dasturlari va ularga qo'yiladigan talablarni, o'quv yuklamalarini rejalashtirish va ularning bajarilishini nazorat qilish usullarini;
- ta'lim jarayonini raqamli transformatsiyasini;
- raqamli ta'lim resurslari va dasturiy mahsulotlarini;
- raqamli ta'lim resursini pedagogik loyihalash texnologiyasini;
- mediasavodxonlik va xavfsizlik asoslarini;
- raqamli ta'lim resurslarini loyihalash uchun asosiy talablarni;
- jahonda oliy ta'lim rivojlanish tendensiyalari: umumiy trendlar va strategik yo'nalishlarni;
- zamonaviy ta'limning global trendlarini;
- inson kapitalining iqtisodiy o'sishning asosiy omili sifatida rivojlanishida ta'limning yoshdagi ahamiyatini;
- oliy ta'limning zamonaviy integratsiyasi: global va mintaqaviy makoonda raqobatchilikdagi ustuvorliklari, universitetlarning xalqaro va milliy reytingini;
- xalqaro reyting turlari va ularning indikatorlarini;
- zamonaviy universitet jamiyatning faol, ko'pqirrali va samarali faoliyat yurituvchi instituti sifatidagi uchta yirik vazifalarini;
- universitetlarning zamonaviy modellarini;
- zamonaviy kelajak universitetlarning beshta asosiy modellarini;
- tadbirkorlik universiteti faoliyatining muhim yo'nalishlarini;
- pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning nazariy asoslarini;
- innovatsion ta'lim muhiti sharoitida pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish yo'llarini;
- kasbiy kompetensiyalarning mazmun va mohiyatini;
- kasbiy kompetensiyalar va ularning o'ziga xos xususiyatlarini;
- pedagogik texnikaning asosiy komponentlarini;
- pedagogik texnikani shakllantirish yo'llarini;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonini tashkil etishda innovatsion, akmeologik, aksiologik, kreativ, reflektiv, texnologik, kompetentli, psixologik, andragogik yondashuvlar va xalqaro tajribalar hamda ularning kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishga ta'sirini;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida pedagogik deontologiyaning roli, ahamiyatini;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishda uchraydigan to'siqlarni yechishda, to'g'ri harakatlar qilishda pedagogning kompetentlik va kreativlik darajasi, pedagogik kvallimetryasini;
- talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholashning nazariyasini;

- ta'lim sifatiga ta'sir etuvchi omillarni;
- kredit-modul tizimida talabalarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalarini nazorat qilish va baholashning o'ziga xos xususiyatlar, didaktik funksiyalarini;

- baholash turlari, tamoyillari va mezonlarini;
- nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, diyelektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushinchalarni;
- nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalarib nanoplyonkalarini;
- nanoob'yektlarni kuzatish vositalarini;
- skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskoplarni;
- nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishini;
- nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlarini;

- nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalarib nanoplyonkalarini;
- skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskoplarni;
- fotonika tarixini;
- lazer fizikasi va fotonika asoslarini;
- fotonika usullari va asosiy yo'nalishlarini;
- optika, spektroskopiya, fotonikani;
- murdiod, lazerli diodlarni;
- kvant teleportasiyani;
- kvant interferensiyani
- optik giroskoplarni
- kremniyli fotonika, Nanoskopiya, Nanofotonikalarni *bilishi* kerak.

Tinglovchi:

- 2022- 2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasining asosiy yo'nalish va maqsadlarini tahlil etish va baholash;
- O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining Oliy ta'lim tizimiga tegishli qarorlari asosida ta'lim-tarbiya jarayonlarini tashkil etish;
- xorijiy tajribalar asosida malaka talablari, o'quv rejalari va fan dasturlarini takomillashtirish;
- multimedia va infografika asosida interaktiv didaktik mayeriallar yaratish va bulut xizmatlarida saqlash;
- masofiviy ta'lim platformalari uchun video kontent yaratish;
- Internetda mualliflik huquqlarini himoya qilish usullaridan foydalanish;
- raqamli ta'lim resurslari sifatini baholash;
- OTMlarni reyting bo'yicha ranjirlash;
- jahon universitetlari reytingini tahlil etish va baholash;
- universitetlarni mustaqil baholash yondashuvlarini aniqlashtirish;

- tadbirkorlik universitetiga o'tish uchun zarur bo'ladigan o'zgarishlarni aniqlash;
- Universitet 1.0 dan Universitet 3.0 modeliga o'tish borasidagi muammolarni aniqlash;
- zamonaviy tadbirkorlik universiteti modeli tamoyillarini o'zlashtirish;
- pedagoglarning kreativ potentsiali tushunchasi va mohiyatini ochib berish;
- pedagoglar kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning innovatsion texnologiyalarini qo'llash;
- o'qituvchi faoliyatida pedagogik texnikaning ahamiyatini yoritib berish;
- tinglovchilar diqqatini o'ziga tortish usullaridan foydalanish;
- kasbiy kompetensiyalarni shakllantirish va rivojlantirish yo'llarini tahlil etish;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida uchraydigan to'siqlar, qiyinchiliklar va ularni bartaraf etish;
- talabalarining o'quv auditoriyadagi faoliyatini baholash;
- talabalarining kurs ishi, bitiruv malakaviy ishi, o'quv-malakaviy amaliyot (mehnat faoliyati)ini nazorat qilish;
- baholashning miqdor va sifat tahlilini amalga oshirish;
- nanoob'yektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiyadan samarali foydalanish;
- spektroskopik usullarni tahlil etish va baholash;
- nurlanish manbalaridan foydalanish;
- optik nartolali datchiklarni ishlashini tahlil etish *ko'nikmalariga* ega bo'lishi lozim.

Tinglovchi:

- "Yangi O'zbekiston – ma'rifatli jamiyat" konsepsiyasining mazmun-mohiyatini yoritib berish;
- Oliy ta'lim, fan va innovatsiya vazirligining ta'lim-tarbiya jarayonini tashkil etishga oid buyruqlari, Davlat ta'lim standartlari, ta'lim yo'nalishlarining va magistratura mutaxassisliklarining malaka talablari, o'quv rejalar va fan dasturlarini takomillashtirish;
- o'quv yuklamalarni rejalashtirish va ularning bajarilishini nazorat qilish;
- meyoriy uslubiy hujjatlarni ishlab chiqish amaliyotini takomillashtirish mexanizmlarini tahlil etish;
- an'anaviy va raqamli ta'limga pedagogik dizaynning xususiyatlarini ochib berish;
- onlayn mashg'ulotlarni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish;
- mediasavodxonlik va xavfsizlik asoslarini o'zlashtirish;
- pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish;

- nanoob'yektlarni kuzatish vositalaridan foydalanish;
- nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash;
- fotonikaning zamonaviy masalalarini o'zlashtirish;
- fotonni teleportatsiya qilishga mo'ljallangan eksperimental qurilmalardan foydalanish;
- kvant interneti va kvant kompyuterlarini qo'llash kompetensiyalariga ega bo'lishi lozim.

Kurs hajmi

Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursi 288 soatni tashkil etadi. Bunda o'quv dasturining 144 soat hajmi ishdan ajralmagan mustaqil malaka oshirish shakllari asosida, 144 soati to'g'ridan-to'g'ri (bevosita) malaka oshirish shaklida ishdan ajralgan holda amalga oshiriladi. Malaka oshirishning bevosita shaklida bir haftadagi o'quv yuklamasining eng yuqori hajmi 36 soatni tashkil etadi. Attestatsiyadan muvaffaqiyatli o'tgan kurs tinglovchilariga O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iyundagi PF-4732-son Farmoni 3-ilovasi bilan tasdiqlangan davlat namunasidagi malaka attestati beriladi.

“FIZIKA” YO‘NALISHI BO‘YICHA QAYTA TAYYORLASH VA MALAKA OSHIRISH KURSINING O‘QUV MODULLARINING MAZMUNI

I.I. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning ma'naviy asoslari.

2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasining davlat va jamiyat hayotini takomillashtirishdagi o'rni va ahamiyati.

Yangi O'zbekiston sharoitida davlat va jamiyat hayotida olib borilayotgan islohotlar mazmuni va mohiyati. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasining o'rni va ahamiyati. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida Yangi O'zbekistonni barpo etishning siyosiy-huquqiy, ijtimoiy-iqtisodiy va ilmiy-ma'rifiy asoslari.

2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasining asosiy yo'nalish va maqsadlari.

Inson qadrini yuksaltirish va erkin fuqarolik jamiyatini yanada rivojlantirish orqali xalqparvar davlat barpo etish. Mamlakatimizda adolat va qonun ustuvorligi tamoyillarini taraqqiyotning eng asosiy va zarur shartiga aylantirish. Milliy iqtisodiyotni jadal rivojlantirish va yuqori o'sish sur'atlarini ta'minlash. Adolatli ijtimoiy siyosat yuritish, inson kapitalini rivojlantirish. Ma'naviy taraqqiyotni ta'minlash va sohani yangi bosqichga olib chiqish. Milliy manfaatlardan kelib chiqqan holda umumbashariy muammolarga yondashish. Mamlakatimiz xavfsizligi va mudofaa salohiyatini kuchaytirish, ochiq, pragmatik va faol tashqi siyosat olib borish.

O'zbekiston Respublikasining zamonaviy konstitutsionalizmi.

O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining asosiy prinsiplari. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasida inson va fuqaroning asosiy huquqlari, erkinliklari va burchlari. Jamiyatning iqtisodiy negizlari, O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasida ma'muriy-hududiy va davlat tuzilishi masalalari. Davlat hokimiyatining tashkil etilishining konstitutsiyaviy asoslari.

1.2. Oliy ta'limning normativ-huquqiy asoslari.

Oliy ta'lim sohasiga oid qonun hujjatlarining umumiy tavsifi.

Oliy ta'lim tizimini tartibga soluvchi normativ — huquqiy xujjatlar tushunchasi. Normativ-huquqiy xujjatlarning turlari. Normativ huquqiy xujjatlarga qo'yiladigan talablar. O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi, O'zbekiston Respublikasining "Ta'lim to'g'risida"gi qonuni. Ta'lim jarayoni ishtirokchilarini ijtimoiy himoya qilish. Ta'lim to'g'risidagi qonun xujjatlarini buzganlik uchun javobgarlik.

Oliy ta'lim sohasiga oid qonunosti hujjatlari va ularning turlari.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Oliy ta'lim tizimiga oid farmonlari va qarorlari; O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi. 2022 — 2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi. Davlat oliy ta'lim muassasalarining akademik va tashkiliy-boshqaruv mustaqilligini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar. Davlat oliy ta'lim muassasalariga moliyaviy mustaqillik berish chora-tadbirlari.

Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining buyruqlari.

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiya vazirligining ta'lim va tarbiya jarayonlarini tashkil etishga oid buyruqlari. Davlat ta'lim standartlari, ta'lim yo'nalishlari va magistratura mutaxassisliklarining Malaka talablari, o'quv rejalar, fan dasturlari va ularga qo'yiladigan talablar. O'quv yuklamalarini rejalashtirish va ularning bajarilishini nazorat qilish usullari. OTMlarning lokal xujjatlari (Ustav, Ichki tartib qoidalar).

Meyoriy uslubiy hujjatlarni ishlab chiqish amaliyotini takomillashtirish mexanizmlari. Ta'lim yo'nalishlari va magistratura mutaxassisliklarining Malaka talablari, o'quv rejalar va fan dasturlarini ishlab chiqish. Xorijiy tajribalar asosida Malaka talablari, o'quv rejalar va fan dasturlarini takomillashtirish.

1.3. Pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalar.

Ta'lim jarayonini raqamli transformatsiyasi.

Pedagogning raqamli kompetentligi va uning tarkibiy tuzilmasi. Raqamli didaktika va uning asosiy tamoyillari. Raqamli ta'lim resurslarini loyihalash uchun asosiy talablar. Raqamli ta'lim resurslari sifatini baholash.

Raqamli ta'lim muhitida pedagogik dizayn. Mediasavodxonlik va xavfsizlik.

An'anaviy va raqamli ta'linda pedagogik dizaynning xususiyatlari. Raqamli ta'lim resursini pedagogik loyihalash texnologiyasi. ADDIE pedagogik dizayn tushunchasi. UX-dizayn. Internetdagi turli manbalar bilan ishlashda maxsus norma

va qoidalarga rioya qilish: mediasavodxonlik, mualliflik huquqi, axborot xavfsizligi. Internetda mualliflik huquqlarini himoya qilish usullari.

Raqamli ta'lim resurslari va dasturiy mahsulotlari.

Raqamli ta'lim resurslaridan (RTR) foydalanish. RTRni tanlash, elektron kutubxonalar bilan ishlash, ta'lim oluvchilarning ehtiyojlaridan kelib chiqqan holda ochiq o'quv platformalarida ommaviy onlayn kurslarni tanlash.

Multimedia va infografika asosida interaktiv didaktik materiallar yaratish va bulut xizmatlarida saqlash.

Pedagogik faoliyatda bulutli xizmatlardan (Google, HSP, Canva, figma) foydalanish. Bulutli xizmatlardan foydalanib infografika, videoma'ruza va multimedia vositalarini o'z ichiga qamrab olgan interaktiv taqdimot yaratish, animatsiya effektlarini o'rnatish, giperhavolalar yordamida taqdimot namoyishini boshqarish.

Masofaviy ta'lim platformalariga videokontent yaratish: Onlayn video muharrirlardan (AdobePremiere Pro, Davinci Resolve, FinalCut) foydalangan holda audio va video montaj qilish. Taklif etilgan muharrirdan foydalanib, tanlangan mavzu bo'yicha video yozish, ta'birlash va saqlash.

Onlayn mashg'ulotlarni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish.

Onlayn mashg'ulotlarni tashkil etishda vebinar xizmatlari (Zoom, Yandex.Telemost Google Meet va b.) bilan ishlash.

1.4. Ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish.

Jahonda oliy ta'lim rivojlanish tendensiyalari: umumiy trendlar va strategik yo'nalishlar.

Zamonaviy ta'limning global trendlari. Ta'limning globallashuvi, ta'limning oxirgi o'n yilliklarda butun dunyoda butun jahon iqtisodiy, siyosiy, madaniy integratsiyasi va unifikatsiyasi, kengaytirish jarayoni vazifasini bajarishi. Milliy ta'lim tizimlarining davlat chegaralaridan chiqib, ta'limning bayrallminallashuvi va yagona ta'lim makoni va ta'lim xizmatlari bozori shakllanishi. Ta'limning ommaviylashuvi. Ta'limning demokratlashuvi. Ta'lim texnologiyasi. Inson kapitalining iqtisodiy o'sishning asosiy omili sifatida rivojlanishida ta'limning yoshdagi ahamiyati. Uzlaksiz va umr davomida ta'lim olish. Talantlar uchun raqobatchilikning kuchayishi.

Oliy ta'limning zamonaviy integratsiyasi: global va mintaqaviy makonda raqobatchilikdagi ustuvorliklari, universitetlarning xalqaro va milliy reytingi.

OTMlarni reyting bo'yicha ranjirlash. Xalqaro reyting turlari va ularning indikatorlari. Jahon universitetlari reytingi. Universitetlarni mustaqil baholash yondashuvlarini aniqlashtirish. Quacquarelli Symond(QS). Shanxay (Shanghai Jiao Tong University) universitetining oliy ta'lim instituti (Institute of Higher Education) tomonidan dunyoning 500 ta yetakchi universitetlari- ARWU-500 ro'yxati. Times Higher Education(THE) World University Ranking reytingi.

Oliy ta'limning zamonaviy integratsiyasi: global va mintaqaviy makonda raqobatchilikdagi ustuvorliklari, universitetlarning xalqaro va milliy reytingi.

OTM reytingiga ta'sir etuvchi omillar. OTMlarni reyting bo'yicha ranjirlash.

Xalqaro reyting turlari va ularning indikatorlari. Jahon universitetlari reytingi. Universitetlarni mustaqil baholash yondashuvlarini aniqlashtirish. Quacquarelli Symond(QS). Shanxay (Shanghai Jiao Tong University) universitetining oliy ta'lim instituti (Institute of Higher Education) tomonidan dunyoning 500 ta yetakchi universitetlari- ARWU-500 ro'yxati. Times Higher Education(THE) Woeld University Ranking reytingi.

OTM larda ta'lim, ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish, ilmiy tadqiqot natijalarni tijoratlashtirish.

Zamonaviy universitet jamiyatning faol, ko'pqirrali va samarali faoliyat yurituvchi instituti sifatidagi uchta yirik vazifalari. Universitetlarning zamonaviy modellari va ularning transformatsiyasi. Universitetlarning klassik modellari. Universitetlarning zamonaviy modellari. Zamonaviy kelajak universitetlarning beshta asosiy modellari. Universitet 1.0 dan universitet 3.0 modeliga o'tish borasidagi muammolar, yechimlar va istiqbollari. Tadbirkorlik universitetiga o'tish uchun zarur bo'ladigan o'zgarishlar. Tadbirkorlik universitetining asosiy vazifalari. Texnologiyalarni tijoratlashtirish. Akademik tadbirkorlik = «universitet spin-off». Akademik spin-off — universitetga taalluqli bo'lgan texnologiyalar asosida universitet xodimlari yoki bitiruvchilari tomonidan yaratiladigan shu'ba tashkilot. OTM bitiruvchilari va xodimlari tomonidan texnologiyalar transferiga litsenziyalar oluvchi start-uplarni shakllantirish va yaratish. Zamonaviy tadbirkorlik universiteti modeli tamoyillari. Tadbirkorlik universiteti faoliyatining muhim yo'nalishlari. Universitet 4.0 kelajak universiteti sifatida. Kelajak universitetining asosiy konturlari.

Universitet 3.0 modelida professor — o'qituvchilar faoliyatini tashkil etish: «amaliyotchi professorlar» (pop, professor of practice) modeli.

Universitetlarning an'anaviy vazifalari (transformatsiya): o'quv faoliyati (yangi o'quv predmetlarining paydo bo'lish, ta'limning innovatsion usullarining rivojlanishi); ilmiy faoliyat (yangi bilimlarni generatsiyalash; individual va fanlarodan guruhli tadqiqotlarga o'tish). universitetlarning yangi («uchinchi») vazifasi: universitetlar bo'linmalarida olingan ilmiy natijalarni tijoratlashtirish (patentlashtirish, litsenziyalashtirish, kichik innovatsion kompaniyalarni yaratish va boshq.). Istitutsional sohalar kesishuvidagi innovatsiya. Uch qirrali spiral modeli: innovatsiyalar, kelishuvlar va bilimlar makoni. «Amaliyotchi professorlar» (PoP, Professor of Practice) modeli. «Amaliyotchi professorlar» (PoP, Professor of Practice) modeli asosida universitetga yuqori texnologiyaga asoslangan firmalarni yaratgan xodimlarni jalb etish mexanizmi.

Professor-o'qituvchilarning tadqiqotchi sifatidagi nashr faolligini rivojlantirish istiqbollari.

ORCID, JEL Classification (Code) va Mendeleev, Grammarly, CoreDraw dasturlaridan foydalanib dissertatsiya ishi paragraflari, ilmiy maqolalar va biznes hisobotlarni IMRAD formatida rasmiylashtirish. Scopus xalqaro ilmiy bazasida Sifat ko'rsatkichlari: Quartile (kvartil); CiteScore (yiliga sitatalash soni); SJR (SCImago Journal Rank); SNIP (Source Normalized Impact per Paper); kvartillar va protsentillar; Scopusdagi jurnallarni tekshirish; Scopus, Web of Science yoki yuqori impakt faktorli (IF) jurnallarda maqola chop etish. Ilmiy maqolalarning

turlari (nazariy) ilmiy maqolalarning turlari (empirik/amaliy). Maqolaning tahririyatda o'tish protsedurasi. Mahsuldor va ko'p nashr ettiruvchi tadqiqotchi bo'lish yo'llari.

1.5. Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish.

Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga yangicha yondashuv.

Kasbiy kompetensiyalarning mazmun va mohiyati. Kasbiy kompetensiyalar va ularning o'ziga xos xususiyatlari Kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonini tashkil etishda innovatsion, akmeologik, aksiologik, kreativ, refleksiv, texnologik, kompetentli, psixologik, andragogik yondashuvlar va xalqaro tajribalar hamda ularning kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishga ta'siri.

Pedagogik texnika — kasbiy kompetensiyalar kompetensiyalarni rivojlantirishning asosiy omili sifatida.

Pedagogik texnika xakida tushuncha. Pedagogik texnika – pedagog xulking boshqarish omili sifatida. O'qituvchi faoliyatida pedagogik texnikaning ahamiyati. Pedagogik texnikaning asosiy komponentlari. Pedagogik texnikani shakllantirish yo'llari. Tinglovchilar diqqatini o'ziga tortish usullari. Auditoriyani boshqarish psixologiyasi, tinglovchilarga ta'sir etish va ishonirish usullari. Pedagog faoliyatiga qo'yiladigan baho darajasi – pedagogik kvalimetriya. Pedagogik deontologiya, pedagogik boshqaruv va texnika o'qituvchi faoliyatini samarali tashkil etishning asosiy shakli.

Kasbiy kompetensiyalarni shakllantirish va rivojlantirish yo'llari.

Ijtimoliy va kasbiy tajribaga asoslangan intellektual mashq. O'quv jarayoni ishtirokchilarini bir-birlari bilan tanishtirish, samimiy do'stona munosabat va ijodiy muhitni yuzaga keltirish, tinglovchilarning ijodiy imkoniyati va shaxsiy sifatlarini ochish, tinglovchilarning hamkorlikda ishlashlari uchun qulay sharoitni vujudga keltirish. Tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalarini o'rganish, tanishish. Tarqatma materiallar bilan kichik guruhlarda ishlash. Guruhlar taqdimoti.

Kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida pedagogik deontologiyaning roli, ahamiyati.

Pedagogik deontologiya – pedagogning odab ahloqi fani: mazmuni, mohiyati, ahamiyati. Pedagog obro'si va uni faoliyatda namoyon bulishi. Pedagog nafosati va odobini shakllantirish, rivojlantirish yo'llari hamda unga erishish shart-sharoitlari. Talabalarning o'quv-bilish faoliyati faolligini oshirish va mustaqil ta'limni tashkil etish. Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning pedagogik-psixologik troyektoriyalarini ishlab chiqish.

Kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida uchraydigan to'siqlar, qiyinchiliklar va ularni bartaraf etish yo'llari.

Pedagog faoliyatida uchraydigan to'siqlar va ularni yechish yo'llari. Yosh pedagoglar faoliyatida odatda yul qo'yiladigan xatolar va ularni yengish yo'llari. Kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida uchraydigan to'siqlarning xilma-xilligi va o'ziga xos xususiyatlari, sabablarini amaliy tomonlarini yoritilishi, ularni yechish bosqichlarini guruh bilan birgalikda aniqlanishi. Kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishda uchraydigan to'siqlarni yechishda, to'g'ri

harakatlar qilishda pedagogning kompetentlik va kreativlik darajasi, pedagogik kvalimetriyasi. Kichik guruhlarda tarqatma materiallar bilan ishlash. Guruhlar taqdimoti.

1.6. Ta'lim sifatini ta'minlashda baholash metodikalari.

Talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholashning nazariyasi. Baholash, baholashning maqsadi va vazifalari. ta'lim sifatiga ta'sir etuvchi omillar (moddiy-texnik baza, professor-o'qituvchilarning salohiyati va o'quv-metodik ta'minot). Baholash turlari (joriy, oraliq, yakuniy va xalqaro). Baholash tamoyillari va mezonlari.

Talabalarning o'quv auditoriyadagi faoliyatini baholash.

Kredit-modul tizimida talabalarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalarini nazorat qilish va baholashning o'ziga xos xususiyatlari, didaktik funksiyalari.

Talabalarning o'quv auditoriyadan tashqari faoliyatini baholash. Talabalarning kurs ishi, bitiruv malakaviy ishi, o'quv-malakaviy amaliyot (mehnat faoliyatini)ni nazorat qilish. Talabalarning o'quv auditoriyadan tashqari faoliyatini baholashda o'quv topshiriqlari (reproduktiv, produktiv, qisman-izlanishli, kreativ (ijodiy) murakkablik)ni ishlab chiqish metodikasi.

Talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholashning elektron monitoring tizimi.

Talabalarning ta'limiy (o'quv predmetlari), tarbiyaviy (ma'naviy-ma'rifiy tadbirlar) va rivojlantiruvchi (ilmiy-tadqiqot ishi, start-up loyihalar) maqsadlarini baholash. Baholashning miqdor va sifat tahlili.

1.7. Nanotexnologiyaning fizikaviy asoslari va amaliyotda qo'llanishi.

Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonal nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoobyektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiya. Kimyoviy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalar, kvant o'ralar, nanoplyonkalar. Nanoobyektlarni kuzatish vositalari. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, yorituvchi elektron mikroskop. Spektroskopik usullar. Nanotexnologiyalarni energetika, oziq ovqat yetishtirish va uning xavfsizligi va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratoelar.

1.8. Fotonikaning zamonaviy masalalari.

Fotonika tarixi. Lazer fizikasi va fotonika asoslari. Fotonika usullari va asosiy yo'nalishlari. Nurlanish manbalari. Nurdiod. Lazerli diod. Fotonlarni

ADABIYOTLAR

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: "O'zbekiston", 2017. – 488 b.
2. Mirziyoyev Sh.M. Milliy taraqqiyot yo'limizni qat'iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko' taramiz. 1-jild. – T.: "O'zbekiston", 2017. – 592 b.
3. Mirziyoyev Sh.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: "O'zbekiston", 2018. – 507 b.
4. Mirziyoyev Sh.M. Niyati ulug' xalqning ishi ham ulug', hayoti yorug' va kelajagi farovon bo' ladi. 3-jild.– T.: "O'zbekiston", 2019. – 400 b.
5. Mirziyoyev Sh.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: "O'zbekiston", 2020. – 400 b.

II. Normativ-huquqiy hujjatlar

1. O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: O'zbekiston, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda qabul qilingan "Ta'lim to'g'risida"gi Qonuni.
3. O'zbekiston Respublikasining "Korrupsiyaga qarshi kurashish to'g'risida"gi Qonuni.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iyundagi "Oliy ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida"gi PF-4732-sonli Farmoni.
5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-maydagi "O'zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-5729-son Farmoni.
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-avgustdagi "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida"gi PF-5789-sonli Farmoni.
7. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 23 sentabrdagi "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 797-sonli Qarori.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktabrdagi "O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5847- sonli Farmoni.
9. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son Farmoni.
10. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 25-yanvardagi "Respublika ijro etuvchi hokimiyat organlari faoliyatini samarali yo'lga qo'yishga

doir birinchi navbatdagi tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi PF-14-socli Farnoni.

III. Maxsus adabiyotlar

1. Oliy ta'limning meyoriy — huquqiy hujjatlari to'plami. -T., 2013.
2. O'rinov V. O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim muassasalarida ECTS kredit-modul tizimi: asosiy tushunchalar va qoidalar. O'quv qo'llanma. Nyu Bransvik Universiteti, 2020.
3. Thye European Higher Education Area. — Joint Declaration of the Ministers of Education. — Bologna, 1999, 19 June.
4. Shaping our Own Future in the European Higher Education Area // Convention of European Higher Education Institutions. — Salamanca, 2001, 29-30 march.
5. Virtualnaya realnost kak novaya issledovatel'skaya i obrazovatel'naya sreda. Serfuz D.n. i dr. // JURNAL Nauchno-analiticheskiy jurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhbi MCHS Rossii", 2015. — s.185-197.
6. Ibraymov A.YE. Masofaviy o'qitishning didaktik tizimi. Metodik qo'llanma. — T.: "Lesson press", 2020. -112 b.
7. Ignatova N. Y. Obrazovaniye v sifrovuyu epoxu: monografiya. M-vo obrazovaniya i nauki RF. — Nijniy Tagil: NTI (filial) UrFU, 2017. — 128 s. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf
8. Kiryakova A.V, Oixovaya T.A., Mixaylova N.V., Zaporozhko V.V. Internet-texnologii na baze LMS Moodle v kompetentnostno-oriyentirovannom obrazovanii: uchebno-metodicheskoye posobiye / A.V. Kiryakova, T.A. Oixovaya, N.V. Mixaylova, V.V. Zaporozhko; Orenburgskiy gos. un-t. — Orenburg: OGU, 2011. — 116 s. http://www.osu.ru/docs/fpkp/kiryakova_internet_technologies.pdf
9. Kononyuk A.YE. Obiachniye vichisleniya. — Kiyev, 2018. — 621 s.
10. Oliy ta'lim tizimini raqamli avlodga moslashtirish konsepsiyasi. Yevropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko'magida. https://hiedec.europa.eu/images/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf
11. Emelyanova O. A. Ta'limda bulutli texnologiyalardan foydalanish // Yosh olim. — 2014. — № 3. — S. 907-909.
12. Moodle LMS tizimida masofaviy kurslar yaratish. O'quv-uslubiy qo'llanma. — T.: Toshkent farmatsevtika instituti, 2017.
13. Tendensi i razvitiya visshego obrazovaniya v mire i v Rosii. Analiticheskiy doklad-daydjest. — M., 2021.- 198 s.
14. A.S. Zikriyoyev. Dunyo universitetlari reytingidagi tadqiqotchi olimlar orasida o'zingizni kashf qiling. -T.: Navro'z,2020. ISBN.9789943659285
15. Sherzod Mustafakulov, Aziz Zikriyoev, Dilnoza Allanazarova, Tokhir Khasanov, Sokhibmalik Khomidov. Explore Yourself Among World – Class Researchers. Grand OLEditor, Tashkent 2019, ISBN: 8175 25766-0.
16. Ackoff, Russell L., Scientific Method, New York: John Wiley & Sons, 1962.

17. Barzun, Jacques & Graff, F. (1990). *The Modern Researcher*, Harcourt, Brace Publication: New York.
18. Muslimov N.A va boshqalar. *Innovatsion ta'lim texnologiyalari. O'quv-metodik qo'llanma*. – T.: "Sano-standart", 2015. – 208 b.
19. Muslimov N.A va boshqalar. *Pedagogik kompetentlik va kreativ asoslari. O'quv-metodik qo'llanma*. – T.: "Sano-standart", 2015. – 120 b.
20. Pecherkina, A. A. *Razvitiye professionalnoy kompetentnosti pedagoga: teoriya i praktika [Tekst] : monografiya / A. A. Pecherkina, E. E. Simanyuk, YE. L. Umnikova : Ural. gos. ped. un-t. – Yekaterinburg : [b.i.], 2011. – 233 s.*
21. O.S. Frolova. *Formirovaniye innovatsionnoy kompetensii pedagoga v protsesse vnutrishkolnogo povsheniya kvalifikatsii. Diss.k.p.n. Voronej 2018.*
22. *Kompetensii pedagoga XXI veka [Elektronniy resurs]: sb. materialov resp. konferentsii (Minsk, 25 noyab. 2021 g.) / M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, GUO "Akad. poslediplom. obrazovaniya", OO "Belorus. ped. o-vo". – Minsk: APO, 2021.*
23. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsoliyeva. *O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari*. – T.: "Fan va texnologiya", 2017, 60 b.
24. Ishmuhamedov R, Mirsoliyeva M, Akramov A. *Rahbarning innovatsion faoliyati*. – T.: "Fan va texnologiyalar", 2019.- 68 b.
25. Kodjaspirova G.M. *Pedagogika v sxemax, tablitsax i opornix konspektax/ -M.:Ayriss-press, 2016.*
26. Natanzon E. Sh. *Priyemi pedagogicheskogo vozdeystviya. — M, 2012. — 202 s.*
27. Sergeyev I.S. *Osnovi pedagogicheskoy deyatel'nosti: Uchebnoye posobiye. – SPb.: Piter, 2014.*
28. Vittorio Degiorio, IlariaCristiani *Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.*
29. William D. Callister Jr. *Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons, Ins. 2010. – P. 1000.*
30. Arxangelskaya I.V., Rozental I.L., Chernin A.D. *Kosmologiya i fizicheskii vakuum. Izd. stereotip. URSS. 2020. 214 s. ISBN 978-5-396-00993-6.*
31. Asektretov O.K., Borisov B.A., Bugakova N.Y.i dr. *Sovremenniy obrazovatelniy texnologii: pedagogika i psixologiya: monografiya. – Novosibirsk: Izdatelstvo SRNS, 2015. – 318 s. <http://science.vvsu.ru/files/5040BC65-273B-44BB-98C4-CB5092BE4460.pdf>*
32. Belogurov A.Y. *Modernizatsiya protsessa podgotovki pedagoga v kontekste innovatsionnogo razvitiya obshestva: Monografiya. — M.: MAKS Press, 2016. — 116 s. ISBN 978-5-317-05412-0.*

33. Gulobod Qudratulloh qizi, R. Ishmuhammedov, M. Normuhammedova. An'anaviy va noan'anaviy ta'lim. – Samarqand: "Imom Buxoriy xalqaro ilmiy-tadqiqot markazi" nashriyoti, 2019. 312 b.
34. Djourayev M., Fizika o'qitish metodikasi. Guliston davlat universiteti. Guliston, 2017. – 256 b.
35. Ibrayimov A.YE. Masofaviy o'qitishning didaktik tizimi. metodik qo'llanma/ tuzuvchi. A.YE. Ibrayimov. – Toshkent: "Lesson press", 2020. 112 bet.
36. Ignatova N. Y. Obrazovaniye v sifrovuyu epoxu: monografiya. M-vo obrazovaniya i nauki RF. – Nijniy Tagal: NTI (filial) UrFU, 2017. – 128 s. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf
37. Ishmuhammedov R.J., M. Mirsoliyeva. O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari. – T.: "Fan va texnologiya", 2014. 60 b.
38. Muslimov N. Ava boshqalar. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: "Sano-standart", 2015. – 208 b.
39. Noxara X. Reforma gosudarstvennix universitetov i nauchnix issledovaniy v Yaponii. // Ekonomika obrazovaniya. – 2008. – № 3. – S. 77–82.
40. Oleg Verxodanov, Yuriy Pariyskiy. Radiogalaktiki i kosmologiya. Litres, 2018-12-20. — 304 s. — ISBN 978-5-457-96755-7.
41. Oliy ta'lim tizimini raqamli avlodga moslashtirish konsepsiyasi. Yevropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko'magida. https://icdtec.ecs.ani-nie.bg/pictures/14/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf
42. S.G. Moiseyev, S.V. Vinogradov. Osnovi nanofiziki. Ulyanovsk, 2010.
43. Usmonov B.SH., Habibullayev R.A. Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil qilish. O'quv qo'llanma. T.: "Tafakkur" nashriyoti, 2020-y. 120 bet.
44. SHerbak YE.N. Zarubejniye obrazsisistemi upravleniyavisshim obrazovaniyem (na primere obrazovatelnix standartov Fransii i SSHA) // Obrazovaniye i pravo. – 2012. – № 9 (37). – S.79-87

IV. Elektron ta'lim resurslari

1. www.eda.uz.
2. www.sci.uz.
3. www.ictcouncil.gov.uz.
4. www.lib.bimn.uz
5. www.Ziyounet.Uz
6. www.sciencedirect.com
7. www.aos.org
8. www.nature.com

1-MAVZU: FOTONIKANING FIZIK ASOSLARI

Kvant nuqtai nazaridan Yorug'lik **fotonlar** deb ataladigan zarralardan iborat. **Foton** elektromagnit energiya va impulsni, shuningdek, uning qutblanish xususiyatlari bilan bog'liq bo'lgan ichki burchak momentumini (yoki spinni) olib yuradi. SHuningdek, u orbital burchak momentini ham tashiydi. Fotonning tinch massasi nolga teng. Fotonlarning dielektrik materiallardagi tezligi vakuumdagi tezligidan kichik $c < c_0$. Foton bir vaqtning o'zida to'rlqinga o'xshash xususiyatga ega bo'lib, uning makon va vaqtdagi lokalizatsiya xususiyatlarini belgilaydi va diffraktsiyasini boshqaradi.

Foton tushunchasi dastlab 1900 yilda Maks Plank tomonidan belgilangan haroratda ushlab turilgan T bo'shliqdan chiqadigan absolyut qora jismning nurlanish spektriga oid uzoq vaqtdan beri davom etayotgan jumboqni hal qilishga urinishi natijasida paydo bo'ldi. Plank bu muammoni oxir-oqibat bo'shliq devorlaridagi atomlarning energiyalari diskret qiymatlarga kvantlangan ruxsat etilgan deb faraz qilib hal qildi. 1905-yilda Albert Eynshteyn kvantlash atomlarga emas, balki elektromagnit nurlanish energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri yuklanishini taklif qildi, bu esa **foton** tushunchasiga olib keldi. Bu Eynshteynga fotoelektrik effektini muvaffaqiyatli tushuntirishga imkon berdi. "**Foton**" atamasi 1926 yilda Gilbert Lyuis tomonidan kiritilgan. Foton tushunchasi va foton optikasi qoidalari optik rezonator ichidagi Yorug'likni hisobga olgan holda kiritilgan. Bu qulay tanlovdir, chunki u ko'rib chiqilayotgan joyni oddiy geometriya bilan cheklaydi. Biroq, rezonatorning mavjudligi argumentning muhim xususiyati bo'lib chiqmaydi; natijalar rezonator shaklidan va hatto uning mavjudligidan mustaqil ekanligini ko'rsatish mumkin.

Foton optikasi elektromagnit energiyasini foton energiyasi bilan ajratilgan diskret darajalarga kvantlanganligini ta'minlaydi. ν chastotali fotonning energiyasi:

Yorug'lik kvanti (fotoni) ning energiyasi quydagi formula bilan aniqlanadi:

$$E = h\nu.$$

bunda $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ – Plank domiysi va ν - tebranish chastotasi.

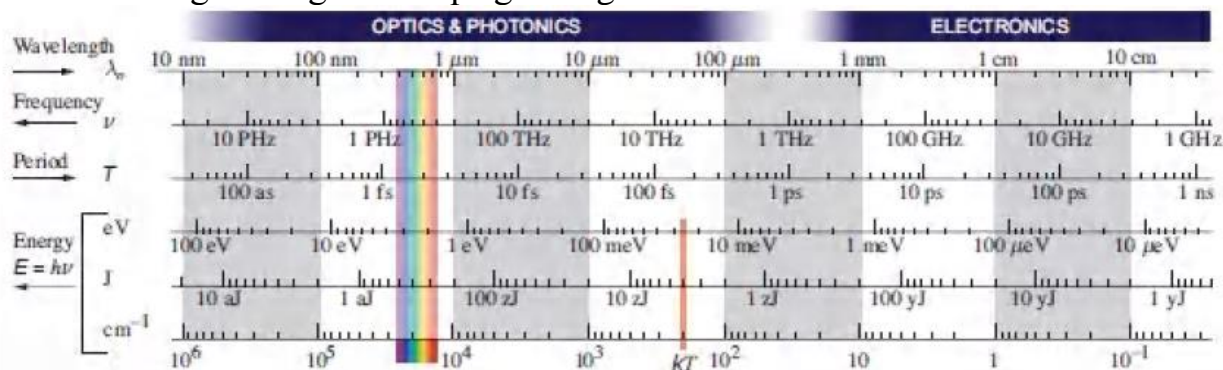
Fotonning harakat miqdori:

$$P = h\nu/c$$

Foton massasi:

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

bunda c -Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

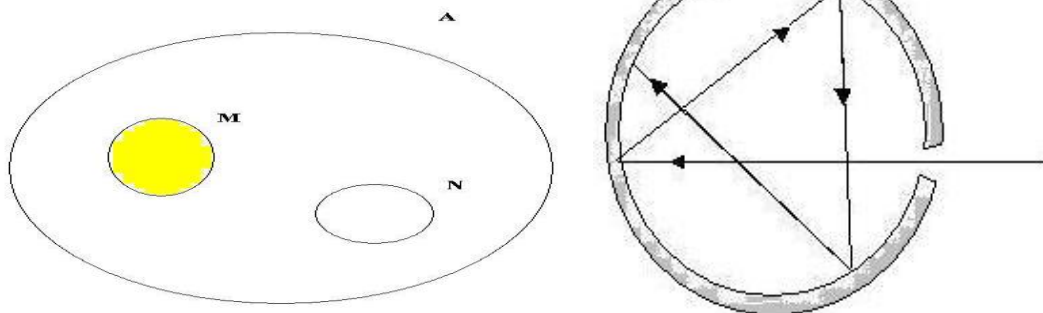


Elektromagnit nurlanish moddaning atom va molekulari tarkibiga kiruvchi zarYadlarning tebranishi natijasida yuzaga keladi. Misol, modda molekulari va atomlarining tebranma va aylanma harakati natijasida infraqizil nurlanish hosil bo‘ladi. Bundan tashqari atomda elektronlarning yuqori energetik sathdan pastki energetik sathga o‘tishlari natijasida ko‘zga ko‘rinadigan va infraqizil nurlanish ham hosil bo‘lishi mumkin. Binobarin, har qanday jism o‘zining ichki energiyasi hisobiga elektromagnit to‘lqin nurlantiradi. Bunday nurlanishga issiqlik yoki haroratli nurlanish deyiladi. Haroratning oshishi bilan nurlanish zichligi oshadi. Issiqlik nurlanishi mutlaq noldan yuqori bo‘lgan ixtiyoriy haroratda hosil bo‘ladi. Haroratli nurlanish spektri tutash yoki yaxlit bo‘ladi. Bunday spektrda energiyaning taqsimoti haroratga bog‘liqdir. Past haroratlarda bunday nurlanish asosan infraqizil nurlanishdan, yuqori haroratlarda esa ko‘zga ko‘rinadigan va ultrabinafsha nurlanishdan iborat bo‘ladi.

Tabiatdagi har qanday jism nur chiqarishi bilan birgalikda boshqa jismlar tomonidan chiqarilayotgan energiyani bir qismini yutadi va bunday jarayoniga nur yutish deyiladi. Jism nur yutgan paytda uning harorati oshadi, ya‘ni u isiydi.

Haroratli nurlanish muvozanatli nurlanishdir, buni quyidagicha o‘tkaziladigan tajriba asosida kuzatish mumkin. A bo‘shliq ichida M mutlaq qora jism va N mutlaq qora bo‘lmagan jismlar joylashgan bo‘lsin. Ma‘lum vaqtdan keyin dinamik muvozanat yuzaga keladi, ya‘ni har bir jism qancha nur yutsa o‘shancha nur chiqaradi. Bunday hodisani kuzatish uchun A bo‘shliq Yorug‘likni yaxshi qaytaradigan va unga tashqaridan elektromagnit to‘lqin kirmaydigan bo‘lishi kerak. Bunday holatga mos keladigan haroratga issiqlik muvozanati harorati deyiladi. Jismni nur chiqarish va nur yutish jarayonlarini miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun quyidagi kattaliklar qabul qilingan.

1). Jismning nur chiqarish qobiliyati. Bu kattalik E_{vT} jism sirtining yuz birligidan birlik chastota oralig‘ida 1 sekundda chiqariladigan energiya miqdorini ifodalaydi va uning o‘lchov birligi (J/m^2s) ga tengdir.



2). Jismning nur yutish qobiliyati. Bu kattalikni A_{vT} jismning yutgan energiyasini shu jismga tushgan barcha energiya miqdoriga bo‘lgan nisbati bilan aniqlanadi.

$$A(\nu, T) = \frac{dW_{\nu, \nu+d\nu}^{omul}}{dW_{\nu}^{myu}}$$

Barcha olib borilgan tajribalar ko'rsatadiki jism tomonidan chiqarilgan yoki yutilgan energiya miqdori (Yorug'lik oqimi) turli xil to'liqin uzunliklari uchun turlicha bo'lar ekan. $E_{\nu T}$ va $A_{\nu T}$ jismning spektral nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlarini bildiradi.

$$E_{\nu T} = dF/d\nu$$

$$A_{\nu T} = dF^1/dF$$

Bu formulalarda dF tushuvchi va dF^1 yutilgan Yorug'lik oqimini ifodalaydi. Misol, ko'zga ko'rinadigan Yorug'lik nuri uchun alyuminiyning nur yutish qobiliyati 0,1 ga misniki 0,5 va suvniki 0,67 ga tengdir.

Har qanday haroratda o'ziga tushadigan Yorug'lik energiyasini to'la yutadigan jismga mutlaq qora jism deyiladi va uning nur yutish qobiliyati barcha to'liqin uzunliklari uchun bir xil bo'lib $A_{\nu T} = 1$. O'z xossalriga asosan qora qurum absolyut qora jismga yaqin ($A_{\nu T} = 0.95$). Amalda mutlaq qora jism modelini quyidagi ko'rinishda yasash mumkin. Ichki sirti qoraytirilgan va kichkina teshikka ega bo'lgan kovak olinadi. Bunday teshikka tushgan nur kovakning ichki sirtidan ko'p marta qaytishi natijasida tashqariga chiqmaydi.

Mutlaq qora jism tushuvchi nurni yutish bilan birga ma'lum sharoitda o'zi ham nur chiqaradi. Past haroratlarda kovakning teshigi qora bo'lib, yuqori haroratlarda Yorug' nur chiqarayotgan bo'lib ko'rinadi. Ko'z qorachig'i va po'lat eritiladigan pechkadagi teshik mutlaq qora jismga misol bo'la oladi.

Kirxgof qonuni

Mutlaq qora jismni nur chiqarish qobiliyatini $\epsilon_{\nu T}$ va nur yutish qobiliyatini $a_{\nu T}$ bilan belgilaymiz. Faraz qilamizki birinchi jismni nur chiqarish qobiliyati $E_{\nu T}^1$ va nur yutish qobiliyati $A_{\nu T}^1$ bo'lib ikkinchi jism uchun bu kattaliklar $E_{\nu T}^2$ va $A_{\nu T}^2$ bo'lsin va

$$E_{\nu T}^1 = nE_{\nu T}^2$$

bo'lsin, ya'ni birinchi jism ikkinchi jismga qaraganda n marta ko'p nur chiqarsin. Bunga mos raishda nur yutish qobiliyatlari uchun quyidagi tenglikni ham yozish mumkin

$$A_{\nu T}^{(1)} = nA_{\nu T}^{(2)}$$

Bu ikkala tengliklarga asosan quyidagi tenglikni yozish mumkin

$$\frac{E_{\nu T}^{(1)}}{A_{\nu T}^{(1)}} = \frac{E_{\nu T}^{(2)}}{A_{\nu T}^{(2)}}$$

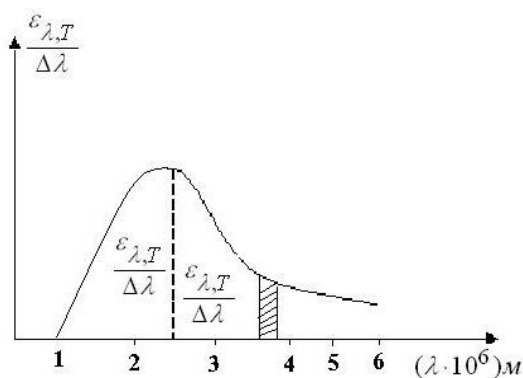
Faraz qilamizki, ajratilgan tizim, nur chiqarish qobiliyatlari $E_{\nu T}^{(2)}$, $E_{\nu T}^{(3)}$... va nur yutish qobiliyatlari $A_{\nu T}^{(1)}$, $A_{\nu T}^{(2)}$, $A_{\nu T}^{(3)}$ bo'lgan jismlardan iborat bo'lib ulardan biri mutlaq qora jism bo'lsin. Natijada yuqorida keltirilgan muloxazalarga asosan quyidagi natijani yozish mumkin.

$$\frac{E_{\nu T}^{(1)}}{A_{\nu T}^{(1)}} = \frac{E_{\nu T}^{(2)}}{A_{\nu T}^{(2)}} = \frac{E_{\nu T}^{(3)}}{A_{\nu T}^{(3)}} = \frac{\varepsilon_{\nu T}}{a_{\nu T}} = \varepsilon_{\nu T}$$

chunki $\alpha_{\nu T}=1$. Yuqorida keltirilgan ifoda Krixgof qonunini ifodalaydi. Bu qonunni quyidagicha ta'riflash mumkin. Berilgan haroratda barcha jismlar uchun nur chiqarish qobiliyatini nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, bu nisbat huddi shu haroratda olingan mutlaq qora jismning nur chiqarish qobiliyatiga teng bo'ladi.

Stefan-Bolsman qonuni

Krixgof qonunidan ma'lumki jismni nur chiqarish qobiliyatining nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati mutloq qora jismning nur chiqarish qobiliyatiga teng. Binobarin Stefan-Bolsmanlar Krixgof qonunini e'tiborga olib mutloq qora jismning nur chiqarish qobiliyatini haroratga bog'liqligini aniqladi. Quyidagi rasmda $T=1259$ K temperaturada mutlaq qora jismning nurlanish spektridagi energiyani taqsimlanish egrisi keltirilgan.



Bu taqsimot egri chizig'i va absissa o'qi bilan chegaralangan yuza 1259 K haroratda qora jismning nur chiqarish qobiliyati ε_t ni bildiradi. Energiyaning taqsimlanish egrisiga asosan berilgan $T=1259$ K haroratda mutlaq qora jism nurlanishining maksimumi $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-6}$ m ya'ni infraqizil nurlanish to'liq uzunligiga to'qri keladi. Mutlaq qora jismning to'liq nur chiqarish qobiliyatining haroratga bog'liqligi quyidagicha ko'rinishga ega bo'lgan Stefan-Bolsman qonuni bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon_T = \int_0^{\infty} \varepsilon_{\nu T} \cdot d\nu = \delta \cdot T^4$$

YA'ni mutlaq qora jismning nur chiqarish qobiliyati uning mutlaq haroratining to'rtinchi darajasiga mutanosibdir. (8) tenglikdagi δ Stefan-Bolsman doimiysi bo'lib uning qiymati quyidagiga teng: $\delta = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ vt} \backslash (\text{m}^2 \text{ grad})$.

Vinning siljish qonuni

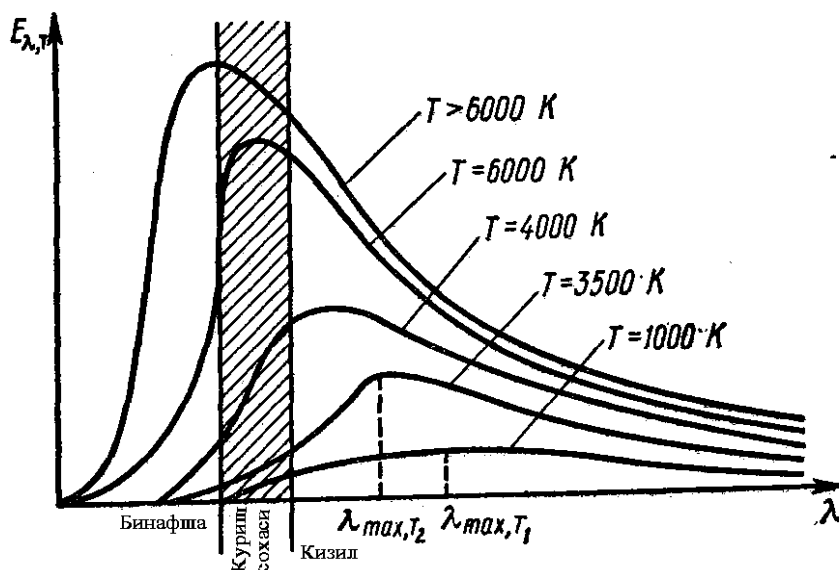
Mutlaq qora jismning nurlanishini harakterlovchi qonunni nazariy ravishda asoslab ε ni chastota va temperaturaga bog'liqligi $\varepsilon = f(\nu, T)$ ko'rinishga ega ekanligini Vin ko'rsatdi. Vinga asosan mutlaq qora jismning nur chiqarish qobiliyati quyidagi formula bilan ifodalanadi.

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

yoki

$$\varepsilon_{\lambda, T} = (c^5 / \lambda^5) f(c / \lambda T)$$

ε_{λ} ni to'liq uzunligiga bog'liqlik grafigi quyidagi rasmda keltirilgan. Mutloq qora jismning nur chiqarish qobiliyati harorat oshishi bilan ortib boradi.

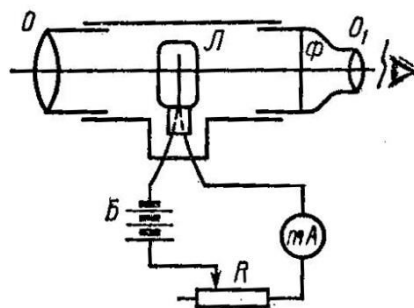


Nurlanish energiyasining maksimumiga to'g'ri keladigan to'liq uzunligi esa kamayib boradi. Mutlaq qora jismning nur chiqarish qobiliyatini ifodalovchi formulaga asosan ko'rsatish mumkinki energiya maksimumining vaziyati quyidagi shartga asosan aniqlanadi.

$$T \cdot \lambda_{max} = b$$

Bu ifodaga Vinning siljish qonuni deyiladi. Bunda $b = 0,2897 \cdot 10^{-2} \text{ m.grad}$. Vin qonunini quyidagi ko'rinishda ta'riflash mumkin. Mutlaq qora jismning nurlanish energiyasining maksimumiga to'g'ri keladigan to'liq uzunligi uning mutlaq haroratiga teskari mutanosibdir.

Issiqlik nurlanishi qonunlariga asoslanib nur chiqaruvchi jismning haroratini aniqlash mumkin. Bunda aniq bitta to‘lqin uzunligi uchun ma’lum spektral intervaldagi cho‘g‘langan jismning nurlanishi mutloq qora jismning nurlanishi bilan solishtiriladi. Bunday solishtirish ipi yo‘qoladigan va quyidagicha tuzilishga ega bo‘lgan pirometr Yordamida amalga oshiriladi.



Obyektivning fokusida L elektr lampkasi joylashtiriladi. Tekshiriladigan manba sirti obyektiv Yordamida pirometrdagi lampochka ipi tekisligiga proyeksiyalantiriladi. Okulyar bir vaqtning o‘zida pirometr lampochkasi ipining o‘rta qismi va tekshiriladigan manba sirtining tasvirini kuzatishga imkon beradi.

Lampkani qizdirish uchun kerak bo‘ladigan elektr toki A. ampermetr Yordamida hisoblanadi. Haroratni o‘lchashda pirometr lampkasidagi ipning rangi cho‘g‘langan manba rangiga tenglashguncha tokning qiymati boshqariladi. Bunda haroratni aniqlash uchun A-ampermetr dastlabki darajalashga ega bo‘lishi kerak. Bunda agar jism mutlaq qora bo‘lsa harorat haqiqiy bo‘ladi, chunki darajalash ana shunday jism Yordamida amalga oshiriladi. Agar jism mutlaq qora bo‘lmasa u holda aniqlangan harorat ravshanlik harorati bo‘ladi.

Maks Plankning kvantlar haqidagi gipotezasi

Yuqorida qaralgan issiqlik nurlanishning barcha qonunlari termodinamikaga asoslangan. Bundan farqli hamda Reley birinchi marta issiqlik nurlanish xodisalarini tushintirishda statistik fizika usullarini qo‘lladi. Releyga asosan $\nu, \nu + d\nu$ chastota oralig‘ida joylashadigan xususiy chastotalar soni, muvozanatli elektromagnit nurlanish joylashgan bo‘shliqning xajmining kvadratiga, chastotaning kvadratiga va oraliq kengligiga to‘g‘ri mutonosibdir, ya’ni $dN \sim \nu^2 d\nu$. Muvozanatli tizimda energiyani erkinlik darajalari bo‘yicha tekis taqsimlanish qonunidan foydalanib va har bir tebranma erkinlik darajasiga to‘g‘ri keladigan energiya miqdori kT ga tengligidan foydalanib, Reley jismning nur chiqarish qobiliyati uchun quyidagi ifodani aniqladi.

$$\varepsilon(\nu, T) \sim \nu^2 kT \quad (11. a)$$

bunda K- Bolsman doimiysi. Jins Reley g‘oyasidan foydalanib (11.a) ifodaning aniq ko‘rinishini topamiz.

$$E(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} KT \quad (11. b)$$

Bu ifoda chastotaning past sohasidagina to'g'ri natijalarni beradi. Barcha chastota aniqliklarida nur chiqarish qobiliyatini temperaturaga bog'liqligini aniqlash uchun Plankning kvantlar haqidagi gipotezasi va formulasi o'rinli bo'ladi.

Yuqorida bayon etilgan Stefan-Bolsman va Vin qonunlari mutlaq qora jism nurlanishini hususiy qonunlaridir, chunki ular turli haroratlarda nurlanish energiyasini to'liq uzunliklar bo'yicha taqsimlanishini ifodalamaydi. Bunday masalani hal etish uchun M. Plank fizikada nurlanish istalgan chastota va energiyaga ega bo'lgan uzluksiz elektromagnit to'liqindan iborat degan tushunchani rad etdi. M. Plank gipotezasiga asosan biror aniq nur chiqaruvchi tizim uchun energiyasi quyidagi tenglik bilan aniqlanadigan elektromagnit to'liqini alohida porsiyalarda chiqarish va tarqalishi mumkin.

$$E_0 = h\nu \quad (12.a)$$

bunda $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ j.s Plank doimiysi, ν -chastota.

Nurlanishni bu bo'laklariga Yorug'lik kvantlari deyiladi.

Ma'lumki mumtoz fizikada ixtiyoriy tizim energiyasi (garmonik ossillyator ham) uzluksiz ravishda o'zgarishi mumkin). Plank tomonidan olg'a surilgan gipotezaga asosan ossillyatorning energiyasi faqat diskret qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

$$E_n = nE_0$$

bunda $n=1,2,3,\dots$ E_0 -kvantning eng kichik bo'lagining energiyasi.

Energiyaning nurlanishi yoki yutishi ossillyatorning bir diskret holatdan ikkinchi holatga o'tishi natijasida hosil bo'ladi.

Bolsman taqsimotiga asosan ko'rsatish mumkinki energetik sathlarni diskret joylashishida ossillyatorning o'rtacha energiyasi

$$\bar{E} = \frac{E_0}{(e^{E_0/kT} - 1)}$$

bo'ladi. Bu holda mutloq qora jismni nur chiqarish qobiliyati uchun quyidagi ifoda hosil bo'ladi.

$$\varepsilon(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \bar{E} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{E_0}{e^{E_0/kT} - 1}$$

Agar (10.11a) ni hisobga olsak u holda (10.11g) ga asosan quyidagi tenglikni hosil qilamiz.

$$\varepsilon(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Bu formulaga Plank formulasi deyiladi. Plank formulasidan quyidagi hulosalar kelib chiqadi.

a) Garmonik ossillyator energyasining elementar bo'lagi tebranish chastotasiga to'g'ri mutanosibdir. Elektronning atomdagi tebranishini garmonik ossillyator deb qarash mumkin.

b) Bir xolatdan ikkinchi xolatga utish ossillyator tomonidan nurlantirilgan yoki yutilgan kvantning energiyasi nurlantirilgan yoki yutilgan Yorug'lik chastotasiga to'g'ri mutanosibdir.

2-MAVZU: YORUG'LIK FOTONLARINING NURLANISHI VA YUTILISHI

Atom energiyasi darajalari atom Yadrosi va boshqa elektronlar ishtirokidagi elektronlarning potentsial energiyalari, shuningdek, orbital va spin burchak momentlari ishtirokidagi o'zaro ta'sirlar bilan belgilanadi, ular odatda zarYadlarni o'z ichiga olgandan ancha zaifdir. Ne, Cu va Cd kabi izolyasiyalangan atomlar va boshqalar faol lazer muhiti bo'lib xizmat qiladi.

Energiya sathlar. +Ze zarYadga ega Yadrodan iborat bo'lgan vodorodga o'xshash atomning Kulon potentsial energiyalari:

$$V(r) = -Ze^2/4\pi\epsilon r$$

bu erda Z – atomning tartib raqami (H uchun Z = 1), e -elementar zarYad va m_0 – elektron massasi.

V(r) faqat radial koordinataning funksiyasi bo'lganligi sababli, Laplasian sferik koordinatalarda yozilishi mumkin, buning natijasida qisman differentsial tenglama o'zgaruvchilarni ajratish orqali uchta oddiy differensial tenglamaga bo'linadi. Bu xususiy qiymat muammosi uchun tayYor echimga olib keladi, bunda o'z qiymatlari cheksiz sonli diskret energiya darajalarini o'z ichiga oladi:

$$E_n = -\frac{M_r Z^2 e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 2\hbar^2 \pi^2} \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

bu erda M_r – keltrilgan massa.

Ma'lumki optik diapazondagi elektromagnit to'lqinlarning manbai har qanday moddaning tashkil etuvchi uning atom, ion yoki molekularidir. Bu

zarralarni tashqi elektromagnit maydoni ta'siri ostida uyg'ongan holatga keltirish mumkin.

Uyg'ongan holatdagi atomning yashash davri 10^{-8} s ga teng. Bunday holatdagi atomga tashqi ta'sir misol uchun elektromagnit maydoni ta'sir etmasa u holda uygongan holatni xarakterlovchi yukori energetik satxdan pastki energetik satxga utish uz-uzidan ya'ni tasodifiy ravishda amalga oshadi. Bunday utish natijasida xosil buladigan nurlanish jarayoniga spontan nurlanish deyiladi.

1916 yilda A.Eynshteyn jismlar nur chiqarishining kvant xarakterini tahlil qilib nurlanishni ikki turi – spontan (o'z-o'zidan) va majburiy (induksion) nurlanishlar mavjud ekanligini nazariy jixatdan asosladi. Spontan o'tish paytida uyg'ongan atomlarning yuqori energetik sathdan pastki energetik sathga o'tishi tashqi ta'sirga ya'ni elektromagnit maydon ta'siriga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni bu holda hosil bo'ladigan nurlanish mustaqildir.

Spontan nurlanish jarayonida fotonlarning nurlanishi tartibsiz ravishda turli yo'nalishlar bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Agar nur chiqaruvchi zarra nur chiqargandan so'ng qaytadan E_n uyg'ongan satxga o'tkazilsa, unda 1 s vaqt davomida E_n sathdan E_m satxga o'tishlar sonining o'rtacha qiymati (A_{nm}) quyidagicha aniqlanadi.

$$A_{nm} = \frac{1}{\tau_{nm}} = \frac{\omega_{nm}^3 \cdot P_0^2}{3hc^3} \quad (1)$$

bunda τ_{nm} uyg'ongan holatning davomdorligini va R_0 zarraning dipol momentini ifodalaydi. (1) formula bilan aniqlanadigan A_{nm} kattalik spontan nurlanish uchun vaqt birligi ichida o'tish extimolini bildiradi va unga spontan nurlanish koeffisenti deyiladi. Keltirilgan (1) tenglikda $E_n \rightarrow E_m$ o'tishga mos keladigan Yorug'lik chastotasi ω_{nm} bilan belgilanadi, Spontan nurlanishda vaqt birligi ichida E_n satxdan E_m satxga o'tuvchi atomlarning o'rtacha soni N_n -ga mutonosib bo'lib quyidagi tenglik bilan aniqlanadi.

$$\Delta N_{nm}^{nohm} = A_{nm} N_n \quad (2)$$

Pastki energetik sathda bo'lgan atomlar yuqori energetik satxga ko'tarilishi uchun moddaga tushuvchi elektromagnit to'liqinni yutadi. Bunday atomlarning soni

N_{nm} quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta N_{nm}^{iom} = B_{nm} U(\omega_{mn}) N_m \quad (3)$$

Bu formuladagi V_{mn} – Eynshteyn koeffisienti bo‘lib, atomni pastki energetik satxdan yuqori energetik sathga o‘tishini bildiradi.

Moddaga tushuvchi Yorug‘lik energiya oqimi spektral zichligini $U(\omega_{mn})$ bilan belgilaymiz. Quyidagi tenglik bilan aniqlanadigan modda atomning tebranish chastotalaridan biri

$$\omega_{nm} = (E_n - E_m) / \hbar \quad (4)$$

bu erda $\hbar = h / 2\pi$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s Plank doimiysi, unga tushuvchi Yoruglik chastotasiga teng bo‘lsin, u xolda quyidagi ikki jarayon yuzaga kelishi mumkin.

1. Atomlar E_m energiya bilan xarakterlanadigan pastki energetik sathdan E_n energiya bilan xarakterlanadigan yuqori energetik sathga o‘tadi.
2. Atomlar energiyasi E_n ga teng bo‘lgan yuqori energetik satxdan energiyasi E_m ga teng bo‘lgan pastki energetik satixga majburiy ravishda o‘tadi.

Birinchi jarayonda Yorug‘likning yutilishi natijasida tushuvchi nurning intensivligi kamaYadi. Ikkinchi jarayonda Yorug‘lik nurining intensivligi oshadi. Moddadan o‘tgan Yorug‘lik nurining natijaviy intensivligi bu ikkala jarayonlardan qaysi birini ustun kelishiga bog‘liq.

Uygongan atomlarga tashqi nurlanish kvanti tushgan paytda modda atomlari bu nurlanishni yutmasdan balki o‘zidan yangi nurlanish kvantini chiqaradi va bu kvantlar bir-biridan farq qilmaydi. A.Eynshteyn majburiy nurlanishni amalga oshiruvchi atomlarning o‘rtacha soni N_{nm}^{maj} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta N_{nm}^{maj} = B_{nm} U(\omega_{nm}) N_n \quad (5)$$

$$B_{nm} = \frac{8\pi^3 |D_{nm}|^2}{3h^2 g_n}$$

$$B_{mn} = \frac{8\pi^3 |D_{nm}|^2}{3h^2 g_m} \quad (6)$$

Bunda D_{nm} nur chiqaruvchi zarraning dipol momenti amplitudasidir $D_{nm} = R_0 \sqrt{2}$.

Keltirilgan (6) formuladagi V_{mn} Yorug‘likni yutilishini ifodalovchi A.Eynshteyn koeffitsientidir.

Karrali satihlar uchun $g_m B_{nm} = g_n B_{mn}$ (7) bo'ladi.

$T \rightarrow \infty$, da $N_m = N_n$ va $B_{nm} = B_{mn}$ (8) buladi.

Termodinamik muvozanat holatidagi modda uchun $N_m V_{nm} > N_n B_{mn}$ bo'ladi va bu paytda modda o'ziga tushgan Yorug'likni yutadi.

YUqorida keltirilgan (3) formulaga asosan holat energiyasini oshishi bilan energetik satihlar zichligi yoki atomlar soni N_n kamaYadi. Tushuvchi nur intensivligini oshirish uchun energetik satihlar zichligini teskarisiga o'zgartirish kerak. Agar ana shunday shart bajarilsa atomlar to'plami inversiyali (teskari) joylashishga ega bo'ladi va bunday shartni amalga oshirish mumkin bo'lgan muxitga faol muxit deyiladi.

Agar $B_{nm}N_n > N_m B_{mn}$ bo'lsa, u holda moddaga tushgan Yorug'lik yutilmasdan balki majburiy nurlanish hisobiga kuchaYadi. A.Eynshteyn ko'rsatdiki spantan va majburiy nurlanishlar koeffisientlari o'rtasida quyidagicha bog'lanish mavjud.

$$\frac{A_{mn}}{B_{mn}} = \frac{h\omega_{mn}^3}{\pi^2 c^3} \quad (9)$$

A.Eynshteynning nurlanish nazariyasiga asosan atom va molekula tomonidan yutilgan Yorug'likning harakterlovchi yutilish koeffisientini aniqlash mumkin. Intensivligi I ga teng bo'lgan Yorug'lik parallel dasta chastotasi ν va $\nu + d\nu$ intervalda o'zgaruvchi nurlanishni yutuvchi atomlar qatlamidan o'tganda, yutilish jarayoni bu oqimni kuchsizlantiradi, majburiy nurlanish jarayoni esa bu oqimni kuchaytiradi.

Bu paytda spontan nurlanishni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki bu holda fotonlar asosan turli yo'nalishlar bo'ylab uchib ularning bir qismi tushuvchi birlamchi nurlanish yo'nalishida uchadi.

Faraz qilamizki xajm birligida E_m energetik satx bilan xarakterlanadigan, chastotalari ν va $\nu + d\nu$ bo'lgan fatonlarni yutish qobilitiga ega bo'lgan atomlar soni δN_m ga teng bo'lsin.

CHastotalari xuddi shunday bo'lgan fotonlarni nurlantiruvchi va E_n energetik satx bilan xarakterlanuvchi atomlar soni δN_n ga teng bo'lsin. Bu holda dx qatlamni o'tish natijasida fotonlar bog'laming kuchsizlanishi quyidagiga teng

bo‘ladi.

$$(dI_0 \delta \nu) = h \nu_0 B_{mn} I_\nu \delta N_m dx - h \nu_0 B_{nm} I_\nu \cdot \delta N_n dx \quad (10)$$

Bu tenglikni ikkala tomonini $I_\nu dx$ ga teng bo‘lib va $-\frac{1}{I_0} \frac{dI_0}{dx} = \alpha_\nu$ ekanligini hisobga

olib quyidagi natijani hosil qilamiz

$$\alpha_\nu \delta \nu = h \nu_0 (B_{mn} \delta N_m - B_{nm} \delta N_n) \quad (11)$$

Butun spektral chiziq bo‘yicha yutilishni aniqlash uchun (11) ifodani $\delta \nu$ bo‘yicha integrallash kerak.

$$\int_{\nu} \alpha_\nu \delta \nu = h \nu_0 (B_{mn} N_m - B_{nm} N_n) \quad (12)$$

$\int_{\nu} \alpha_\nu \delta \nu = \alpha_0 \cdot \Delta \nu$ (13) deb qabul qilamiz, bunda α_0 spektral chiziq o‘rtasidagi

yutilish koeffitsiyenti, $\Delta \nu$ spektral chiziqning effektiv kengligi. Natijada formulaga ega bo‘lamiz, ya’ni

$$\alpha_0 = \frac{h \nu_0}{\Delta \nu} (B_{mn} N_m - B_{nm} N_n) \quad (14)$$

bo‘ladi.

Agar (14) tenglikni hisobga olsak va $B_{mn} N_m$ ni qavsdan chiqarsak α_0 uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$\alpha_0 = \frac{h \nu_0}{\Delta \nu} B_{mn} N_m \left(1 - \frac{g_m N_n}{g_n N_m} \right) \quad (15)$$

Odatda majburiy nurlanish spontan nurlanishdan ko‘p martaba kichik bo‘lganligi uchun spektrning optik diapozonida kuzatilmaydi.

1939 yilda rus olimi V.A.Fabrikant o‘zining doktorlik dissertasiyasida yutilish koeffitsiyenti manfiy ($\alpha_0 < 0$) bulgan muhitlarni xosil qilish mumkinligini ko‘rsatdi. Buning uchun muxitda quyidagi shartni $g_m N_n > g_n N_m$ amalga oshirish mumkin bo‘lgan sharoit yaratish kerak degan g‘oyani ilgari surdi. Agar bu shart bajarilsa manfiy yutilishga ega bo‘lgan muxitdan ν_0 – chastotali Yorug‘lik o‘tganda uning intensivligi quyidagi Buger – Lambert qonuniga asosan oshadi.

$$I_\infty = I_0 \exp(\alpha_0 \cdot d) \quad (16)$$

$$\text{Ko'rish mumkinki, (16) ga asosan } \frac{g_n}{g_m} < \frac{N_n}{N_m} \quad (17)$$

N_m va N_n ga mos keluvchi energetik sathlarning inversli joylashishini quyidagi Bolsman formulasiga asosan aniqlash mumkin.

$$N_m = N_0 g_m e^{-\frac{E_m}{kT}} \quad (18)$$

$$N_n = N_0 g_n e^{-\frac{E_n}{kT}} \quad (19)$$

$$\frac{N_n}{N_m} = \frac{g_n}{g_m} \cdot e^{-\frac{E_n - E_m}{kT}} \quad (20)$$

Agar inversli joylashish mavjud bo'lsa $(E_n - E_m) > 0$ va $N_n / N_m > 1$ bo'lib moddadan o'tgan Yorug'lik kuchaYadi.

Inversli joylashishni amalga oshirish va majburiy nurlanishni hosil qilish mumkin bo'lgandan so'ng lazerlar ishlab chiqarila boshlandi.

3-MAVZU: OPTIK KVANT GENERATORLARI

Dastasi ingichka bo'lib kuchli quvvatga ega bo'lgan kogerent va monoxramatik Yorug'lik nurlarini hosil qiladigan va nurlanishni kuchaytiradigan qurilmalarga optik kvant generatorlari deyiladi. Mikroto'lqinli diapazonidagi elektromagnit to'lqinlarni majburiy nurlanish hisobiga kuchaytirish mumkinligini 1953 yil rus olimlari A.M.Proxorov, N.G.Basov va amerikalik olim CH.Tauns ko'rsatdi.

Santimetrli elektromagnit to'lqinlar diapazonida ishlaydigan ana shunday qurilmalarga mazerlar deb nom berildi.

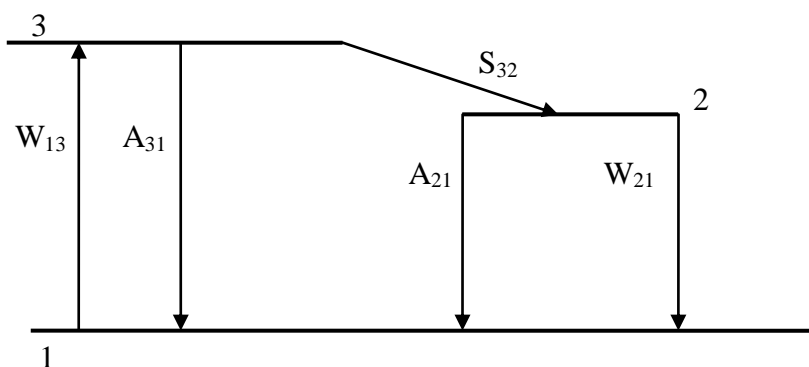
Mazer so'zi quyidagi inglizcha so'zlarning, Microwave Amplification by Stimited Emission of Radiation bosh harflaridan olingan bo'lib, mikrotulkin nurlanishni radiasiya Yordamida stimulyasiya qilish bilan kuchaytirish degan ma'noni bildiradi.

Ko'zga ko'rinadigan va infraqizil nurlanish oblastida ishlaydigan to'lqin uzunligi 0,38 dan 3 mkm gacha yoki chastotalari $10^{14} - 10^{15}$ 1\|s chegarada o'zgaradigan optik kvant generatorlariga lazerlar deyiladi.

1960 yilda Meynman optikaviy diapazonda ishlovchi ana shunday asbob yaratdi. Bu asbobga lazer deb nom berildi va bu nom quyidagi inglizcha Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation soʻzlarning bosh harflaridan olingan boʻlib Yorugʻlik nurlanishini radiasiya Yordamida stimulyasiya qilish bilan kuchaytirish degan maʼnoga ega.

YOqut lazerida ishlovchi faol modda sifatida yoqut olinadi. Lazerlarda ishlatiladigan yoqut och qizil ranga ega va bir oʻqli kristal boʻlib, unda ikkilanib sinish natijasida hosil boʻladigan oddiy (O) va oddiymas (N) nurlarning sindirish koʻrsatgichi Yorugʻlik toʻlqin uzunligi $\lambda = 656 \text{ nm}$ boʻlganda $n_0 = 1,7653$ va $n_N = 1,7573$ ga tengdir. YOqutning tarkibi alyuminiy oksidi (Al_2O_3) dan iborat boʻlib unga 0,05 foiz xrom oksidi (Sr_2O_3) aralashtirilgan boʻladi. YOqut odatda silindr shakliga ega, boʻlib uning diametri $0,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ dan $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ gacha va uzunligi (3-20) 10^{-2} m gacha boʻladi. Bu silindirning ikkala uchlari yuqori aniqlikda ishlov berilgan yassi koʻzgularga oʻxshaydi. YOqut lazeri impuls rejimida ishlaydi va toʻlqin uzunligi $\lambda = 694,3 \text{ nm}$ ga teng boʻlgan nur chiqaradi. Agar yoqut silindirining optik oʻqi uning geometrik oʻqi bilan mos tushmasa u holda yoqut lazerining nurlanishi qutublangan boʻladi.

Qutblangan nurni hosil boʻlishiga sabab O nurda toʻlqin normalni va bu nurni yoʻnalishlari oʻzaro mos tushadi, N nurda esa bunday mos tushishlik kuzatilmaydi. Bu silindirning bir uchi qalin kumush qatlami bilan qoplangan boʻlib, ikkinchi uchi oʻziga tushgan Yorugʻlik nurini 8 foizini oʻtkazadigan kumush qatlami bilan qoplangan boʻladi. Xrom ionlarining energetik sathlar koʻrinishi quyidagi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm

Energiyasi etarli bo'lgan va to'lqin uzunligi $\lambda = 560$ nm ga teng bo'lgan kuchli Yorug'likni chiqaruvchi spiral shaklidagi ksenon lampa Yordamida xrom ionlari (Cr^{+++}) uygongan holatga keltiriladi. Bu ionlarning uygongan holatga keltirish uchun zarur bo'lgan energiyaga damlash energiyasi deyiladi.

Damlash energiyasi hisobiga xrom ionlarining uyg'onishi 1 rasmda W_{13} strelka bilan ko'rsatilgan. YUqorida 3-bilan belgilangan energetik sathlarning yashash davri juda qisqa (10^{-8} s). Ana shu davr mobaynida ba'zi xrom ionlari (umumiy ionlar sonining taqriban $1/200$ qismi) spontan ravishda 1-energetik sathga o'tadi. Ionlarning ana shunday o'tishi A_{31} strelka bilan ko'rsatilgan. Lekin ionlarning ko'pchilik qismi 2-energetik sathga ya'ni metastabil sathga o'tadi.

YAshash davri katta (bir necha daqiqa) bo'lgan energetik sathlarga metastabil sathlar deyiladi. Bunday o'tish ehtimolini S_{32} strelka bilan ko'rsatilgan. Bu sathda ionlarning yashash davri $\sim 10^{-3}$ s teng.

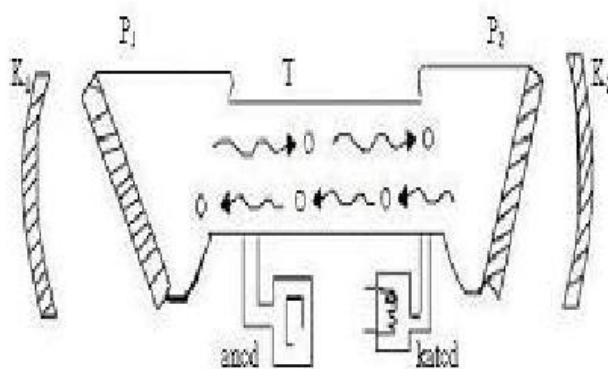
Agar damlash energiyasi etarli bo'lsa 2-energetik satxdagi xrom ionlarining soni 1-energetik sathlardagi xrom ionlarining sonidan oshib ketadi. Metastabil holatdan asosiy holatga spontan ravishda o'tish A_{21} strelka bilan ko'rsatilgan. Bu holda hosil bo'lgan faton qo'shni iondagi fatonni nurlanishi olib keladi, ya'ni majburiy nurlanish hosil bo'ladi. Metastabil holatdan asosiy holatga majburiy ravishda o'tish xrom ioni sathlar sxemasida W_{21} strelka bilan ko'rsatilgan. Bu ikkala foton yoqut bo'yicha chopib xrom ionlarining metastabil holatdan asosiy holatga ya'ni ikkita o'tishni induksiyalaydi, natijada fatonlar soni ikki marta oshadi. Bu jarayon davom etib fotonlar soni avval 8 ga keyin 16, 32, 64 va x.k. gacha oshadi.

Bunday nurlanishni yoqutni uchlaridan ko'p martaba qaytishi natijasida majburiy nurlanish kuchaYadi va bunday nurlanish natijalovchi nurlanish amplitudasining uzluksiz ravishda oshishiga olib keladi.

Fotonning o'tish yo'li arifmetik progressiya bilan, nurlanish quvvati esa geometrik progressiya bo'yicha oshadi. YOkut silindirning ikkala uchlarida hosil qilingan yassi kuzgularga rezonator deyiladi.

Geliy – neon lazeri. Birinchi gazli geliy-neon lazeri 1960 yilda Javan, Bennet va Erriot tomonidan yaratildi. Geliy-neon lazerining tuzilishi quyidagi 2-rasmda ko'rsatilgan.

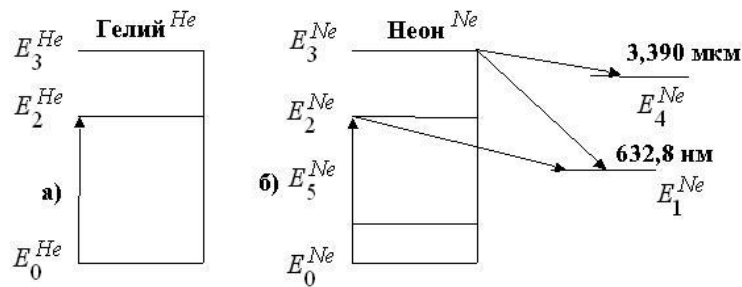
Bu lazer uzunligi bir necha unlab santimetrlardan 1,5~ 2 metrgacha bo'lgan va ichida gaz razrYadi amalga oshadigan shisha naydan iborat. RazYad nay bosimi 1 mm. simob ustunining bosimiga teng bo'lgan neon gazlarining aralashmasi bilan to'ldirilgan bo'ladi. SHisha nay oxirlari nay o'qi bilan Bryuster burchagi hosil qiladigan qilib joylashtirilgan va shisha yoki kvarsdan yasalgan P_1 va P_2 yassi kuzgular bilan mahkamlanadi.



2-rasm

Ko'zgularni ana shunday joylashtirish natijasida elektr vektori nurning tushish tekisligiga parallel ravishda tebranadigan chiziqli qutblangan lazer nuri hosil bo'ladi. K_1 va K_2 kuzgular sferik shaklga ega bo'lib ko'p qatlamli dielektrik bilan qoplangan bo'ladi. Bu kuzgulardan chiqadigan nurlanishini taqriban ikki foizini tashkil etadi. Naydagi razrYad toki bir necha o'nlab milliamperlarni tashkil etadi. Lazer uzluksiz va impulsli rejimlarda ishlaydi. Bu lazer to'lqin uzunligi $\lambda_1 = 632,8$ nm teng qizil, $\lambda_2 = 1,150$ mkm va $\lambda_3 = 3,390$ mkm ga teng bo'lgan infraqizil nurlarni chiqarish mumkin. Endi bu lazerda majburiy nurlanish hisobiga hosil bo'ladigan va kuchaygan nurlanishni yuzaga kelishi bilan tanishamiz.

Neon atomlarining inversli joylashishi quyidagicha amalga oshadi (3- rasmga qarang).



3-rasm

Gaz razrYadli plazma elektronlari bilan to‘qnashishi natijasida neon atomlari uygongan holatga o‘tadi. RazrYadning ma’lum rejimida bu jarayon E_1^{Ne} va E_2^{Ne} energetik sathlarni invers joylashishiga olib keladi. Lekin E_1^{Ne} va E_3^{Ne} , E_4^{Ne} va E_3^{Ne} energetik sathlarda invers joylashish yuzaga kelmaydi. Qisqa muddatli yashashga ega bo‘lgan E_1^{Ne} sathdan pastroqda joylashgan E_5^{Ne} energetik sath invers joylashishni amalga oshirishga to‘sqinlik qiladi. E_5^{Ne} sathni inversli joylashishi katta bo‘lib buning hisobiga tez bo‘shaladigan E_1^{Ne} sathni to‘ldirilishi yuzaga keladi, bunda E_1^{Ne} va E_3^{Ne} satxlar o‘rtasida inversli joylashish yuzaga kelmaydi. Geliy gazining aralashishi natijasida quyidagi hodisa kuzatiladi. Geliy atomining sathlari o‘rtasida lazerni ishlashi uchun E_0^{Ne} sathdan tashqari energiyalarini 19,82 va 20,61 eV ga teng bo‘lgan E_2^{Ne} va E_3^{-Ne} metastabil sathlarni ahamiyati katta. Bu sathlarda asosiy E_2^{Ne} sathga spontan ravishda o‘tish taqiqlangan ya’ni bunday o‘tish ehtimoli kichikdir. SHuning uchun E_2^{Ne} va E_3^{-Ne} sathlarda atomlarni yashash davri juda katta. Elektron zarbalari natijasida bu sathlarda juda ko‘p geliy atomlari to‘planadi. Geliyning E_2^{Ne} va E_3^{Ne} sathlari neonning E_1^{Ne} va E_3^{Ne} sathlari bilan deyarli mos tushadi.

Binobarin uygongan geliy atomlari uygonmagan neon atomlariga o‘z energiyalarini rezonansli uzatishi asosiy holatda nur chiqarmasdan sodir bo‘ladi. Natijada E_1^{Ne} va E_3^{Ne} sathlarda neon atomlarining konsentrasiyasi tezda oshadi va E_1^{Ne} , E_3^{Ne} sathlarga nisbatan inversli joylashish yuzaga keladi va E_2^{Ne} bilan E_1^{Ne} sathlar o‘rtasidagi inversli joylashish bir necha marta oshadi.

Biz qattiq jismlar lazeri va gaz lazerining ishlash prinsipi bilan tanishib

chiqdik. Gazli lazerlar ichida faol moddasi korbonat angdriddan (SO_2) dan iborat bo'lgan lazer quvvatlidir. 1963 yilda yarim o'tkazgichli lazerlar kashf etildi.

Bundan tashqari faol moddasi suyuqlikdan iborat bo'lgan lazerlar ham mavjud.

Belorus olimi B.I.Stepanov hamkasblari bilan birgalikda faol moddasi bo'yoq radamin 6J ning eritmasidan iborat bo'lgan lazerni kashf etdi. Lazer nurlanishi quyidagi xossalarga ega.

1. Lazer nurlanishi vaqtiy kogerentlikka ega, ya'ni lazer nurining elektr maydon kuchlanganlik vektorining kattaligi tebranish yo'nalishi vaqtga nisbatan turg'un bo'ladi.
2. Lazer nurlanishi yuqori monoxromatiklikka ega, ya'ni faol modda atom yoki molekulalari bir-biri bilan kelishilgan holda nur chiqaradi, natijada bu nurlanish bitta aniq rangli monoxromatik Yorug'lik sifatida hosil bo'ladi.
3. Lazerlarda hosil bo'ladigan majburiy nurlanishning xarakterli hususiyati shundan iboratki, uning chastotasi, fazasi qutblanishi va tarqalish yo'nalishi unga tushuvchi tashqi nurlanishni harakterlaydigan shunday kattaliklar bilan mos tushadi.

4-MAVZU: YORUG'LIKNING SOCHILISHI

Tajriba ko'satadiki, bir jinsli (sindirish ko'satgichi barcha nuqtalarida bir xil bo'lgan) muhitda Yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bunday muhitlardan tashqari bir jinslimas muhitlar ham mavjud. Optik bir jinslimasliklarni hosil bo'lishiga sabablar juda ko'p. Masalan: gaz holatidagi moddada muallaq ravishda turadigan qattiq zarralar (tutun), atmosferadagi suv tomchilari (tuman), suyuqlikda muallaq ravishda turadigan qattiq zarralar (suspensiya) va h.k. lar bir jinsli bo'lmagan muhitni hosil bo'lishiga olib keladi va bunday muhitlarga xira muhitlar deyiladi.

Muhitda optik bir jinslimaslikning mavjud bo'lishi Yorug'likning sochilishiga olib keladi. Xira muhitlarda Yorug'likning sochilishini ilk bor 1869 yilda Tindal kuzatdi, ko'p hollarda bu hodisaga Tindal hodisasi ham deyiladi. Bunday muhit zarralarining o'lchami d bilan tushuvchi Yorug'lik to'lqin uzunligi λ o'rtasida munosabat quyidagicha bo'ladi:

$$d=(0,1\div 0,2) \lambda, \text{ ya'ni } d<\lambda$$

Bu hodisani tekshirib Tindal va uning safdoshlari quyidagi xulosaga keldilar:

1. Sochilgan Yorug'lik ko'k-havorang rangga ega.
2. Sochilish burchagi $\varphi=90^0$ ga teng bo'lganda (1-rasm) sochilgan Yorug'lik deyarli to'la chiziqli qutblangan bo'ladi.

1. Sochilgan Yorug'lik indikatrissasi, ya'ni φ burchak ostida sochilgan Yorug'lik intensivligi (1-rasm) tushuvchi nurga va unga tik bo'lgan yo'nalishlarga nisbatan simmetrikdir.

$$I_{\varphi} = I_{\pi/2}(1 + \cos^2 \varphi) \dots \quad (1)$$

Yorug'likning sochilish nazariyasini 1889 yilda Reley yaratgan. Reley nazariyasiga asosan o'lchami Yorug'lik to'lqini uzunligidan kichik bo'lgan zarrachalardan iborat muhitga Yorug'lik nuri tushsa, u holda ana shu zarrachalar tomonidan sochilgan Yorug'likning intensivligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = I_0 9\pi^2 \varepsilon_0 N^2 V^2 / \lambda^4 r^2 [(\varepsilon_0 - \varepsilon) / (\varepsilon_0 + \varepsilon)] (1 + \cos^2 \varphi) \quad (2)$$

Bu formulaga Reley formulasi deyiladi.

Bu erda, I_0 – moddaga tushuvchi Yorug'likning intensivligi,

N – hajm birligidagi zarrachalar soni,

ε - zarrachaning dielektrik kirituchanligi,

r – Yorug'lik sochuvchi markazdan kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofa,

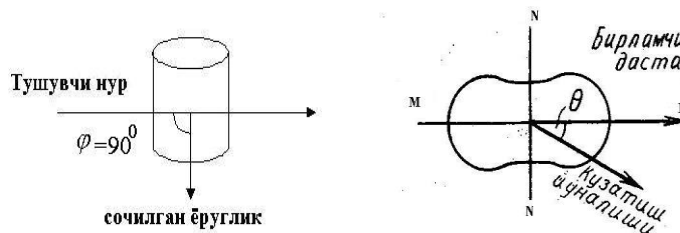
V – zarrachaning hajmi,

φ - Yorug'likning sochilish burchagi,

ε_0 - muhitning dielektrik kirituchanligi,

λ - moddaga tushuvchi Yorug'lik to'lqin uzunligi.

Yorug'likning sochilish hodisasini quyidagi tajribada ko'rish mumkin. Faraz qilamizki, biror bir idishga toza suv solingan bo'lsin va tushuvchi Yorug'likning intensivligi I_0 bo'lsin. Agar tushuvchi Yorug'likka nisbatan $\varphi=90^0$ burchak ostida qarasak Yorug'likning sochilishini ko'ramiz. Sochilmagan Yorug'lik esa idishdan to'g'ri o'tib ketadi.



Agar idishdagi suvga biror tomchi atir yoki sut tomizib, tushuvchi nurga nisbatan 90^0 burchak ostida qarasaq, Yorug‘likning hamma tomonga sochilganini ko‘ramiz. Sochilgan Yorug‘lik havorang bo‘lib ko‘rinadi, bunday bo‘lishiga sabab Reley formulasi (2) ga asosan, sochilgan Yorug‘lik intensivligi to‘lqin uzunligining to‘rtinchi darajasiga teskari mutanosib ekanligidir, ya’ni

$$I \sim 1/\lambda^4 \quad (3)$$

SHu qonun asosida Osmon gumbazining ko‘k rangga ega bo‘lishi Quyoshning chiqishi va botishi oldidan ko‘rinadigan ufqning rangi tushuntiriladi.

Yorug‘likning atmosferada sochilish tufayli Osmon havo rang bo‘lib ko‘rinadi. Quyosh gorizontga yaqinlashsa bizga atmosferaning qalin qatlamidan, o‘tib sochilgan Yorug‘lik kuchsizlangan holda etib keladi. Ya’ni, bu holda sochilgan Yorug‘likning ma’lum bir qismi etib keladi. Natijada Quyoshning chiqishi va botishi oldidan Ufqning rangi qizil-to‘q sariq bo‘ladi. Yuqoridagi tajribadan ko‘rinadiki, Yorug‘likning sochilishiga asosiy sabab Reley ko‘rsatganidek muhitning bir jinsliligining buzilishidir. Bunday buzilish bizning holda toza suvga bir tomchi atir yoki sut tomchisini tomizganimizda yuzaga keladi.

Reley ko‘rsatdiki, Yorug‘likning sochilishiga asosiy sabab havodagi chang zarrachalari emas, balki havo molekularining o‘zidir. Haqiqatda esa bir jinsli muhit ham Yorug‘likni sochishi mumkin. Bir jinsli muhitda Yorug‘likning sochilishini rus olimi L.I. Mandelshtam ko‘rsatdi. Bu hodisani zichlik fluktuasiyasi natijasida yuzaga kelishini nazariy ravishda polyak olimi M.Smoluxovskiy isbotlab berdi. Agar Yorug‘lik molekulalardan iborat bo‘lgan gaz yoki suyuqlikda sochilsa, bunday sochilishga Yorug‘likning molekulyar sochilishi deyiladi. Yorug‘lik sochilishini kuzatish uchun Yorug‘lik sochuvchi muhit rangsiz-shaffof bo‘lishi

kerak. Yorug'lik sochilishini statistik nazariyasiga asosan tushuvchi nurning elektr maydon kuchlanganligi E ta'siri ostida muhit molekulalari qutblanadi va dipol momentga ega bo'ladi. Hajm birligining dipol momenti

$$P = \frac{\varepsilon - I}{4\pi} E = \frac{\varepsilon_0 - I}{4\pi} E + \frac{\Delta\varepsilon - I}{4\pi} E... \quad (4)$$

Bu tenglikda ε muhitning dielektrik kirituvchanlik, $\Delta\varepsilon$ uning fluktuasiyasi. Dielektr kirituvchanlik moddaning zichligiga bog'liq, binobarin zichlik fluktuasiyasi dielektrik kirituvchanlik fluktuasiyasiga olib keladi, ya'ni dielektrik kirituvchanlikni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon \quad (5)$$

bunda ε_0 dielektrik kirituvchanlikning o'rtacha qiymati, $\Delta\varepsilon$ - o'rtacha qiymatdan chetlashish – fluktuasiya.

Dielektrik kirituvchanlik fluktuasiyasi zichlik fluktuasiyasi ($\Delta\rho$) natijasida yuzaga keladi. Yorug'likning sochilishiga sabab (5) formulaning ikkinchi qismi mavjudligidadir. Agar dipolning o'lchami tushuvchi nur to'liq uzunligiga nisbatan juda kichik bo'lsa, u holda dipolli sochilish bilan chegaralanish mumkin. Bu holda sochilgan Yorug'lik elektr maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\omega^2}{c^2 \cdot r} P \sin\theta... \quad (6)$$

bo'ladi, bunda P – dipol momenti, ω - Yorug'likning aylanma chastotasi, θ - dipol o'qi bilan r – radius vektor o'rtasidagi burchak, c – Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi. Moddaning kichik hajm elementi (v) tomonidan sochilgan Yorug'lik elektr maydon kuchlanganligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E = \frac{\omega^2}{c^2 \cdot r} P \sin\theta = \frac{\omega^2}{c^2 \cdot r} \cdot \frac{\Delta\varepsilon}{4\pi} v \sin\theta \quad (7)$$

Sochilgan Yorug'lik intensivligi quyidagiga teng bo'ladi.

$$I_v = \frac{c \cdot n}{4\pi} \left| \overline{E_0} \right|^2 = I_0 \frac{\pi^2 v^2}{r^2 \lambda^4} \cdot (\Delta\varepsilon)^2 \sin^2 \theta \quad (7)$$

bu erda

$$I_0 = \frac{c \cdot n}{4\pi} \left| \overline{E_0} \right|^2 \quad (9)$$

Agar Yorug'lik sochuvchi V hajm bir necha (N) elementar hajmlardan (V) iborat bo'lsa, u holda

$$I = N \cdot I_v = I_0 \frac{\pi^2 v V}{r^2 \lambda^4} \cdot (\Delta\varepsilon)^2 \sin^2 \theta \quad (10)$$

Ikkinchi tomondan gazlar uchun

$$\varepsilon - I = 4\pi N_1 \alpha = 4\pi \frac{N}{V} \alpha... \quad (11)$$

α - qutblanuvchanlik koeffisienti va

$$\Delta\varepsilon = 4\pi N\alpha \frac{\Delta N}{V} = (\varepsilon - 1) \frac{\Delta N}{N} \dots \quad (12)$$

$$I_0 = I_0 \frac{4\pi^2 v}{r^2 \lambda^4} (\varepsilon - 1)^2 \frac{\Delta N^2}{N^2} \sin^2 \theta \dots \quad (13)$$

Bu formulada V – hajmdagi molekulalar soni $N=N_1V$: Ideal gaz uchun

$$\left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2 = N \text{ bo'lib} \quad I_0 = I_0 \frac{4\pi^2}{r^2 \lambda^4} (n-1)^2 \frac{v}{N_1} \sin\theta \dots \quad (14)$$

Bu formulaga gazlar uchun Reley formulasi deyiladi.

Juda yuqori haroratlarda, ya'ni moddaning kritik haroratiga yaqinlashganda Yorug'likning kuchli sochilishi kuzatiladi. Bu hodisaga kritik opalessensiya deyiladi. Bu hodisani bo'lishiga sabab bu holda moddaning izotermik qisiluvchanlik koeffisiyenti β_T cheksizlikka intiladi, ya'ni

$$\beta_T = -1/V[(dv/dp)_T] \Rightarrow \infty$$

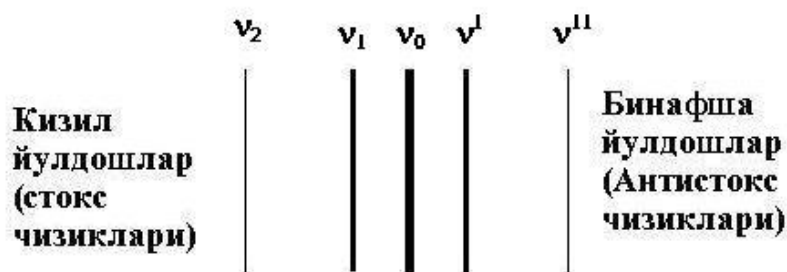
Molekulyar sochilishda sochilgan Yorug'lik intensivligi $1/\lambda^4$ dan tashqari β_T ga ham to'g'ri mutanosibdir. Kritik opalessensiya holida sochilgan Yorug'lik intensivligi $I \sim 1/\lambda^2$ bo'ladi. Kritik opalessensiyaning bo'lishiga sabab izotermik qisiluvchanlikning cheksizlikka intilishi bilan birgalikda zichlikning tasodifiy o'zgarishi, ya'ni uning fluktuasiyasi ekanligini M. Smoluxovski ko'rsatdi. Biz qaragan holdagi Yorug'likning molekulyar sochilishdagi Yorug'likning chastotasi tushuvchi nur chastotasi bilan mos tushadi.

Yorug'likning kombinatsion sochilishi

Biz yuqorida takidladikki, Yorug'likning molekulyar sochilishida tushuvchi nurning to'lqin uzunligi sochilgan Yorug'likning to'lqin uzunligi bilan mos tushadi. Lekin 1928 yilda rus olimlari L.I. Mandelshtam, G.S. Landsberg va hind olimi CH.V. Raman ko'rsatdilarki, Yorug'lik sochilishining shunday turi mavjudki, sochilgan Yorug'lik spektrida tushuvchi monoxromatik to'lqinni xarakterlovchi spektral chiziqlardan tashqari har bir monoxromatik spektral chiziqning ikkala tomonida joylashadigan qo'shimcha spektral chiziqlar (yo'ldoshlar) ham hosil bo'ladi.

Faraz qilaylik suyuqlikka tushuvchi nurning chastotasi ν_0 bo'lsin.

Қо‘шимча hosil bo‘lgan yo‘ldoshlar chastotalarini ν^I , ν^{II} , ν^{III} , bilan belgilaymiz. Tushuvchi nur chastotasi bilan har bir yo‘ldosh chastotasi o‘rtasidagi farq Yorug‘lik sochuvchi modda uchun xarakterli bo‘lib bu farq ana shu modda molekulalarining xususiy infraqizil tebranishlar chastotalariga teng bo‘ladi.



$$\Delta\nu_1 = \nu_0 - \nu^I = \pm\nu_{1i} \quad (15)$$

$$\Delta\nu_2 = \nu_0 - \nu^{II} = \pm\nu_{2i} \quad (16)$$

$$\Delta\nu_3 = \nu_0 - \nu^{III} = \pm\nu_{3i} \quad (17)$$

Tajriba ko‘rsatdiki, (15), (16), (17) shartlar hamma vaqt ham bajarilmaydi. Kombinasion sochilishda kuzatiladigan yo‘ldoshlar infraqizil yutilish sohasida hamma vaqt ham hosil bo‘lmaydi. Bunga sabab bu kombinasion sochilish spektrini hosil bo‘lishi uchun modda molekulasining qutblanuvchanligi α o‘zgarishi kerak. Infraqizil yutilish spektrlar hosil bo‘lishi uchun modda molekulasining dipol momenti o‘zgarishi kerak. SHuning uchun ham infraqizil yutilish spektrida hosil bo‘ladigan ba’zi chiziqlar kombinasion sochilish spektrida kuzatilmaydi va aksincha.

Yorug‘likning kombinasion sochilish hodisasini soddalashtirilgan kvant nazariyasi asosida quyidagicha tushuntirish mumkin. Odatdagi sharoitda modda molekulalari aksariyati uyg‘onmagan holatda bo‘ladi. Ana shunday holatdagi molekulalarga

$$\epsilon = h\nu \quad (18)$$

formula bilan aniqlanadigan energiyaga ega bo‘lgan kvant tushganda, bu kvant o‘z energiyasining bir qismini molekulaga beradi va natijada chastotasi kichik va to‘lqin uzunligi katta bo‘lgan kvantga aylanadi, ya’ni bu holda «qizil yo‘ldoshlar» hosil bo‘ladi. Ikkinchi holda kvant uyg‘ongan molekula bilan uchrashadi, bu holda

molekula o'z energiyasining bir qismini kvantga beradi. Natijada chastota va energiyasi katta bo'lgan va to'liq uzunligi kichik bo'lgan kvant, ya'ni «binafsha yo'ldoshlar» hosil bo'ladi. Odatdagi sharoitda binafsha yo'ldoshlar intensivligi qizil yo'ldoshlar intensivligidan kichik bo'ladi. Bunga sabab shundan iboratki moddaning uyg'onmagan atom va molekulalar soni uyg'ongan atom va molekulalar sonidan ko'p bo'ladi.

Haroratning oshishi bilan binafsha yo'ldoshlar intnsivlig tez oshadi, chunki bu holda moddaning uyg'ongan atom va molekulalar soni haroratning oshishi bilan tez oshadi. Qizil yo'ldoshlar intensivligi haroratning oshishi bilan sezilarli o'zgarmaydi yoki biroz kamaYadi.

Yorug'likning kombinasion sochilishi mumtoz nazariyasini rus olimlari G.S. Landsberg va L.I. Mandelshtam yaratdilar. Bu nazariyaning mohiyati quyidagidan iborat. Yorug'likning elektr maydon kuchlanganligi (E) ta'siri ostida molekula ichidagi elektronlar tebranib molekula kattaligi $P=\alpha E$ ga teng bo'lgan dipol momentiga ega bo'ladi. Mumtoz nazariyaga asosan molekulaning qutblanuvchanlik tenzori α uni atom Yadrolarining oniy vaziyati bilan aniqlanadi. Yadrolarning o'zi tinch turmasdan balki tartibsiz harakatda bo'ladi. SHu sababli qutblanuvchanlik doimiy qolmasdan, balki vaqt bo'yicha o'zgaradi. Buni chastotalari atom Yadrolarining tebranishi bilan aniqlanadigan garmonik tebranishlarning ustma-ust tushishi ko'rinishida tasavvur etish mumkin. Bu chastotalar molekulaning xususiy infraqizil tebranishlari chastotalari bilan mos tushadi. Natijada induksiyalangan dipol momentlarining (P) modulyasiyasi yuzaga keladi. Agar tashqi elektr maydoni E vaqt bo'yicha ω chastota bilan garmonik qonun bilan o'zgarsa u holda P dipol momentining tebranishlarida $\omega \pm \Omega_{uq\phi}$ kombinasion chastotalar hosil bo'ladi. Xuddi shunday chastotalar bu dipol momentlarning nurlanishlarida, ya'ni sochilgan Yorug'liklarda ham hosil bo'ladi.

Bu bayon etilgan mulohazani matematik usulda quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin. Agar molekuladagi Yadrolar soni N ga teng bo'lsa, u holda bu Yadrolarning erkinlik darajasi $3N$ ga teng bo'ladi. Bundan uchasi ilgarilanma va yana uchasi aylanma harakatga tegishli bo'ladi. Qolgan $N^*=3N-6$ erkinlik

darajalari molekula Yadrolarining ichki harakatiga ya'ni tebranma harakatiga mos keladi. Yadrolarning ichki harakatini tavsifi uchun N^1 koordinatalar ya'ni $q_1, q_2, q_3, q_4, \dots, q_n^*$ kerak bo'ladi. Yadro muvozanat holatida bo'lganda barcha koordinatalar nolga teng. Muvozanat holatidan ozroq chetlashganda issiqlik harakati paytida har bir q_m koordinata Ω_m infraqizil chastota va tartibsiz ravishda o'zgaruvchi δ_m fazaga ega bo'lgan erkin garmonik tebranishda bo'ladi. Bunday tebranish uchun

$$q_m = a_m \cos(\Omega_m t + \delta_m) \quad (19)$$

o'rinli bo'lib, berilgan vaqt momentida molekulani qutblanuvchanligi atomlar Yadrolari orasidagi masofaga bog'liq deb qabul qilamiz. Tebranishni kichikligi tufayli qutblanuvchanlik tenzori α ni qatorga yoyib q_m ni birinchi darajali hadlari bilan kifoyalanih mumkin, soddalik uchun α ni skalyar deb qabul qilamiz:

$$\alpha = \alpha_0 + \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_m} \right) q_m \dots \quad (20)$$

Agar yuqoridagi ifodalarni e'tiborga olsak

$$\alpha = \alpha_0 + \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_m} \right) a_m \cdot \cos(\Omega_m t + \delta_m) = \alpha_0 + \frac{1}{2} \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_m} \right) a_m \cdot e^{i(\Omega_m t + \delta_m)} + \frac{1}{2} \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q} \right) a \cdot e^{-i(\Omega_m t + \delta_m)} \quad (21)$$

bo'ladi.

Tushuvchi to'lqinni quyidagi kompleks ko'rinishida yozamiz.

$$E = E_0 \cdot e^{i\omega t} \dots \quad (22)$$

Natijada molekulaning dipol momenti quyidagiga teng bo'ladi.

$$P = \alpha_0 E_0 e^{i\omega t} + \frac{E_0}{2} \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_m} \right) a_m \cdot e^{i[(\omega + \Omega_m)t + \delta]} + \frac{E_0}{2} \sum \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_m} \right) a_m \cdot e^{i[(\omega - \Omega_m)t - \delta_m]} \dots \quad (23)$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, sochilgan Yorug'lik tarkibida faqat tushuvchi nur chastotasi ω ga ega bo'lgan Yorug'lik emas, balki $\omega \pm \Omega_u$ kombinasiyaga ega bo'lgan chastotali Yorug'lik nurlari ham hosil bo'ladi. Alohida molekulalar tomonidan sochiladigan to'lqinlar o'zaro kogerent emas, chunki Yadrolarning tebranishlarni issiqlik uyg'onishida va bir molekuladan ikkinisiga va bir tebranishdan ikkinchisiga o'tishidan fazalar δ o'zgarishi davriy bo'lmaydi. Qizil va

binafsha yo'ldoshlarning intensivliklari o'rtasida kvant nazariyasiga asosan quyidagicha bog'lanish mavjud.

$$I_{\text{qizil}} = I_{\text{binafsha}} \exp\left(\frac{\eta \hbar |\Omega_{nm}|}{kT}\right) \quad (24)$$

$$\Omega_{nm} = \frac{E_n - E_m}{\eta} \quad (25)$$

bunda E_n va E_m molekula foton bilan to'qnashganda uni n chi sathdan m sathga o'tishdagi energiyalarini ifodalaydi $E_n > E_m$ bo'lsa binafsha yo'ldosh hosil bo'ladi. $E_n < E_m$, bo'lsa qizil yo'ldosh hosil bo'ladi, $\frac{I_{\text{qizil}}}{I_{\text{binafsha}}} = \frac{N_n}{N_m}$ bu erda sathdagi N_n , E_n molekulalar soni, N_m – esa E_m sathdagi molekulalar sonidir.

Amaliy mashg'ulotlar

MOLEKULARARO ORIENTATSION, INDUKSION VA DISPERSION TA'SIR KUCHLARINING ELEKTRON YUTISH SPEKTRIDA NAMOYON BO'LISHI.

Ishning maqsadi: Rodamin 3B bo'yog'i misolida molekulararo orientatsion, induksion va dispersion ta'sir kuchlarning elektron yutish spektrida namoyon bo'lishini o'rganish.

Kerakli asbob-uskuna va moddalar: spektrofotometr; analitik tarozi; rodamin 3B; xloroform; geksan; 1 mm, 0,1 mm va 0,01 mm qalinlikdagi kyuvetalar.

Ideal gaz qonunlarida gaz molekulari xususiy hajmga ega emas va ular o'zaro ta'sirlashmaydi deb qabul qilinadi. Bunday hol juda siyraklashgan gazlar uchun o'rinli bo'lib, gaz bosimining ortishi bilan ideal gaz qonunlaridan chetlanishlar ortib boradi. Misol: molekularni sharlar deb hisoblab, ularning radiusi 10^{-8} sm desak, bitta molekulaning hajmi $V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3 \approx 4 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3$; normal sharoitda 1 sm^3 da gaz molekularining soni (Loshmidt soni) $n_0 \approx 3 \cdot 10^{19}$ taga teng. Shu 1 sm^3 dagi barcha molekularning hajmi $V = n_0 V_1 = 10^{-4} \text{ sm}^3$; ya'ni gaz hajmining taxminan 0,00001 bir qismigina egallanar ekan. Bosim 5000 atm bo'lganda, Boyle–Mariott qonuniga ko'ra, dastlab 1 sm^3 bo'lgan hajm $2 \cdot 10 \text{ sm}^3$ gacha kamayadi. Bu vaqtda gaz egallab turgan hajmning yarmi molekular xususiy hajmlarining yig'indisidan iborat bo'ladi. Tabiiyki, bunday paytda gaz molekularining xususiy hajmlari bilan chegaralanish mumkin emas. Bundan tashqari, bunday paytlarda gaz molekulari o'zaro ta'sirlashadilar. Molekulararo o'zaro ta'sir tortishish va itarishish kuchlarining natijasidan iborat bo'lib, o'z tabiatiga ko'ra birnecha xil bo'lishi mumkin. Van der–Vaals kuchlari, vodorod bog'lanish va shunga o'xshaganlar. Aytilganlardan ma'lum bo'lib turibdiki, gazning haqiqiy holatini xarakterlash uchun ideal gaz qonunlariga tuzatmalar kiritish kerak. Eng avvalo, real gazlarning molekulari ma'lum hajmga ega bo'lganliklari uchun, gazning egallagan butun hajmidan shu gaz molekularining xususiy hajmini xarakterlaydigan biror bir kattalikni ayirish kerak, masalan, b –hajmni ayirish kerak. Demak, 1 mol gaz uchun $PV = RT$ Mendeleyev–Klapeyron tenglamasidagi V ning o'rniga $V-b$ olish kerak. Ko'rsatish mumkinki, $b = 4nV_0$ va b hajm o'lchov birligida bo'ladi. Gaz molekularining tortishuvi tufayli hosil bo'ladigan qo'shimcha ichki bosim hajm birligidagi gaz molekulari sonining kvadratiga to'g'ri proporsiyonal. Hajm birligidagi zarralar soni $n = 1/V$ bo'lgani uchun, qo'shimcha bosimni $P_q = \frac{a}{V^2}$ deb olish mumkin, bu yerda a – proporsionallik koeffitsiyenti. Shunday qilib, 1 mol real gazning holatini xarakterlovchi tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT, \quad (1)$$

bu tenglama birinchi marotaba gollandiyalik olim Yan Diderik Van der–Vaals tomonidan (1873 y.) aniqlanganligi uchun unga Van der–Vaals tenglamasi deyiladi.

1907 yilda Van der–Vaalsga Nobel mukofoti berilgan. (1)–formuladagi a va b larga Van der–Vaals doimiylari deyiladi. a va b lar har bir gazlar uchun doimiy son bo'lib, hamma vaqt $a \gg b$. a ning o'lchov birligi $N \cdot M^4 / mol^2 [a = VP^2 = N/M^2 \cdot M^6 / mol^2 = NM^4 / mol^2]$.

Real gazlar holatini ifodalovchi Van der–Vaals tenglamasi yagona emas, boshqa olimlar ham (Bertlo, Kammerling–Onnes, Diterichi va boshqalar) real gaz holatini ifodalovchi o'zlarining quyidagi formulalarini tavsiya etganlar. Bertlo tenglamasi:

$$\left(p + \frac{a}{TV^2}\right)(V - b) = RT \quad (2)$$

Kammerling–Onnes tenglamasi:

$$PV = RT \left(1 + \frac{B_2}{V} + \frac{B_3}{V^2} + \dots\right) \quad (3)$$

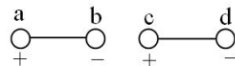
Diterichi tenglamasi:

$$P(V - b) = RT e^{-\frac{a}{RTb}} \quad (4)$$

Bu tenglamalar orasida Van der–Vaals tenglamasi real gazlar holatini ifodalovchi keng qo'llaniladigan va reallikni aniqroq aks ettiradigan tenglamadir. Yuz va ming atmosferalarda Mendelejev–Klapeyron tenglamasi bo'yicha olgan natijalar tajribada olgan natijalardan ko'p farq qiladi. Van der–Vaals tenglamasi bo'yicha olingan natijalar ham tajribada olgan natijalar bilan to'la mos kelmaydi, farq ancha oz. Bu fakt shuni ko'rsatadiki, Van der–Vaals tenglamasi ham real gazning xususiyatini to'la ifodalamas ekan, yana qo'shimcha parametrlar kiritishga to'g'ri keladi.

Molekulalararo Van der–Vaals ta'sir kuchlari asosan quyidagi uch xilda bo'ladi; **orientatsion, induksion, dispersion**.

1. **Orientatsion** ta'sir – qutbli molekular o'rtasida vujudga keladi. Dipol momenti P_1 va P_2 bo'lgan ikkita molekula o'zaro ta'sirlashib quyidagicha joylashishi mumkin (4.6.–rasm), ya'ni molekular o'zaro ta'sirlashib, bir–biriga nisbatan orientatsiyalanadi. Bu paytda dipollarning o'zaro ta'sirlari minimumga ega bo'ladi.



1–rasm. Molekulalarning bir–biriga nisbatan orientatsiyalanishi.

Orientatsion ta'sir energiyasi quyidagiga teng:

$$U_{or} = -2P_1 P_2 / 3kTr^6 \quad (5)$$

bu yerda P_1 va P_2 –molekulalarning dipol momentlari, k – Bolsman doimiysi, T – harorat, r – molekular orasidagi masofa. (5) dan ko'rinadiki haroratning oshishi bilan orientatsion ta'sir energiyasi kamayadi.

2. **Induksion** ta'sir – bu ta'sir birinchisi dipol momentiga ega bo'lgan, ikkinchisi dipol momentiga ega bo'lmagan molekular o'rtasida vujudga keladi. Induksion ta'sir energiyasi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$U_m = -2\alpha P^2 / r^6 \quad (6)$$

bu yerda α – qutblanish koeffitsienti.

3. **Dispersion** ta'sir – bu ta'sir ikkita dipol momentiga ega bo'lmagan molekulalar o'rtasida vujudga keladi. Olib borilgan izlanishlar shuni ko'rsatadiki, elektron yadro atrofida harakat qilib yurganda, molekulalarda vaqtinchalik dipol momenti vujudga keladi. Bunday paytlarda doimiy dipol momentiga ega bo'lmagan molekulalar ham o'zaro ta'sirlashadi. Dispersion ta'sir energiyasi quyidagidan aniqlanishi mumkin:

$$U = -h\nu\alpha^2 / 2r^6 \quad (7)$$

h –Plank doimiysi, ν –yadrolar atrofidagi manfiy zaryadlarning aylanish chastotasi. (1)–(3)–formulalardan ko'rinadiki, Van der–Vaals ta'sir kuchlarining barchasi r^6 ga teskari proporsionaldir. Bu shundan dalolat beradiki, ta'sir kuchlari bir xil tabiatga ega, shuning uchun ham bu ta'sir energiyasini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$U_i = -A_i / r^6 \quad (8)$$

(8)–formulada $A_{or} = -\frac{2P_1^2 P_2^2}{3kT}$, $A_m = 2\alpha P^2$ va $P_{dis} = \frac{h\nu}{2}\alpha^2$.

Van der–Vaals kuchlari gazlarda, suyuqliklarda va eritmalarda kuzatiladi. Quyidagi 1–jadvalda ba'zi bir moddalar uchun Van der–Vaals ta'sirlarining energiyasi keltirilgan. Nazariy o'tkazilgan hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, Van der–Vaals ta'sir energiyalari $r \approx (4-10) \cdot 10^{-10} m$ bo'lganda namoyon bo'ladi.

1–jadval.

U_i ga nisbatan Van der–Vaals ta'sir kuchlarining qiymati

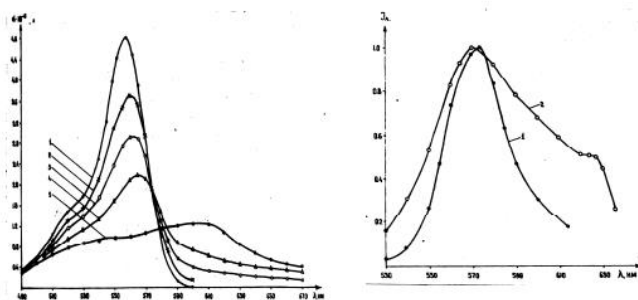
Modda	P, D	$A_{or},$ $erg \cdot sm^6$	$A_{md},$ $erg \cdot sm^6$	$A_{dis},$ $erg \cdot sm^6$
N ₂	–	–	–	11.3
N ₂	–	–	–	62
CH ₄	–	–	–	117
CJ ₂	–	–	–	461
HJ	0.38	0.35	1.68	388
HBr	0.78	6.2	4.05	176
HCl	1.03	18.6	5.4	100
NH ₃	1.5	84	10	93

1–jadvalda keltirilgan natijalardan ko'rinadiki, molekulalar orasidagi ta'sirda dispersion ta'sir asosiy rol o'ynaydi, uning qiymati boshqa ta'sirlarga nisbatan hamma vaqt katta. (1)–formula 1 mol real gaz uchun Van der–Vaals tenglamasi edi. Ixtiyoriy miqdordagi gaz uchun Van der–Vaals tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\left(P + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} RT \quad (9)$$

Odatda, bu har uchchala ta'sir kuchlari Van der–Vaals ta'sir kuchlari deyiladi. Ana shu Van der–Vaals kuchlari elektron yutish va lyuminessensiya spektrlarida qanday namoyon bo'lishini rodamin 3B misolida ko'rib o'tamiz. Agar rodamin 3B moddani qutbli organik erituvchilarda – spirda, xloroformda eritsak, u holda uning yutish va lyuminessensiya spektrlari konsentratsiyaga qarab doimiy qoladi.

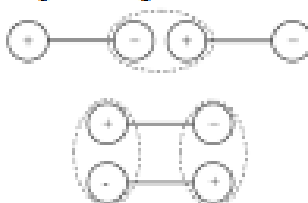
Tajribadan olingan bu natijani shu bilan tushintirish mumkinki, erigan modda molekullari keng konsentratsiya intervalida (10^{-4} – 10^{-5} M) yakka holda, monomer shaklida bo'ladi. Bu yerda Buger–Lambert–Beer qonuni o'rinli. Luminessensiyaning chiqishi ~90% ga teng. Qolgan 10% ni nurlanishsiz o'tishlar tashkil etadi. Bunda spirt, ya'ni erituvchi molekullari rodamin 3B molekullarini o'rab olib, rodamin 3B molekullarining o'zaro ta'siriga to'sqinlik qiladi. Eritgan modda erituvchi tomonidan solvat qobig'ini hosil qiladi. Erituvchi bilan erigan modda ta'siri kuchlidir. Eritgan modda molekullari o'zaro sezilarli ta'sirlashmaydi. Shuning uchun yutish va lyuminessensiya spektrallari konsentratsiyaga qarab doimiy qoladi. Agar shu eritmalarning birontasini olsak, masalan, $C=10^{-5}$ M uni xloroform bilan hosil qilgan qobig'ini kamaytira borsak, u holda rodamin 3B molekullarining o'zaro ta'siri vujudga keladi. Buning uchun rodamin 3B ning $C=const$ bo'lganda qutbli erituvchidan qutbsiz erituvchiga o'tgandagi o'zgarishini ko'rib chiqish mumkin. 2–rasmda rodamin 3B bo'yog'ining doimiy konsentratsiyali ($C=10^{-5}$ M) xloroform bilan geksan binar erituvchida yutish va lyuminessensiya spektrlarining o'zgarishi keltirilgan.



2–rasm. Rodamin 3B bo'yog'ining xloroformdan geksanga o'tishda (5×10^{-5} g/ml) yutish spektrining o'zgarishi: 1–100, 2–40, 3–10, 4–4, 5–2% xloroform.

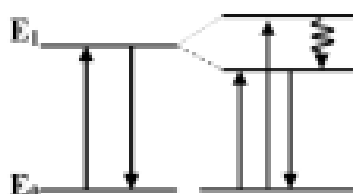
2–rasmdan ko'rinyaptiki, xloroformdan geksanga o'tish vaqtida monomerlarga tegishli tasmaning intensivligi kamayadi, spektr katta to'lqin tomon kengayadi. Binar erituvchida geksan miqdori osha borishi bilan bu jarayon kuchayadi va geksan miqdori juda ko'p bo'lganda monomerlarga tegishli tasmaning intensivligi bu tasмага nisbatan katta to'lqin uzunligi tomonida vujudga keladigan tasmaning intensivligi bilan taqriban bir xil bo'ladi. Kuzatilgan spektral o'zgarishlar rodamin 3B molekullarning o'zaro ta'sirlashib assotsiatlar hosil qilganligidan dalolat beradi. Xloroformdan geksanga o'ta borgan sari, monomerlarga tegishli bo'lgan lyuminessensiya spektrining intensivligi kamayib, tasmaning katta to'lqin uzunligi tomonida kengayish kuzatiladi. Binar erituvchida geksanning miqdori juda ko'p bo'lganda, monomerlarga tegishli tasmani katta to'lqin uzunligi tomonida yangi lyuminessensiya tasmasi kuzatiladi. Bu tasмага tegishli bo'lgan nurlanishning intensivligi monomerlarning nurlanishiga tegishli bo'lgan tasmaning intensivligidan bir necha marotaba kamdir. Monomerlarga tegishli bo'lgan tasma bilan yangi nurlanish tasmasining o'zaro joylashishlarini aniqlash maqsadida, barcha hollarda

kuzatilayotgan nurlanishlar tasmalari maksimumi birga normalashtiriladi. Lyuminessensiya spektriga yangi tasmaning kuzatilishi tekshirilayotgan eritmada yangi lyuminessensiya markazining vujudga kelganligidan dalolat beradi. Rodamin 3B bo'yoqni xloroformdan geksanga o'tishdagi yutish va lyuminessensiya spektrlarida kuzatiladigan o'zgarishlarini qisqacha quyidagicha tushuntirish mumkin: yuqorida rodamin 3B molekullari xloroform molekullari tomonidan o'rab olinganligi uchun keng konsentratsiya intervalida uning yutish va lyuminessensiya spektrlari doimiy qolganligini ko'rgan edik. Binar erituvchi tarkibida xloroform miqdorining kamayib borish hisobiga rodamin 3B ni xloroform molekullari tomonidan o'rab olinishi kuchsizlanadi, solvat qobig'i kamayadi, natijada rodamin 3B molekullari o'zaro ta'sir qila boshlaydilar. Rodamin 3B molekullari o'rtasidagi o'zaro ta'sir, binar erituvchida xloroformning miqdori kamayib borgan sari kuchayadi. Olib borilgan izlanishlar shuni ko'rsatdiki, binar erituvchida xloroform miqdori kam bo'lgan hollarda rodamin 3B molekullari o'zaro quyidagicha joylashar ekan (qarang, 3 –rasm). Ularni dipol deb qarash mumkin.



3-rasm. Rodamin 3B molekullarining dipol holatlari.

Tanlangan binar erituvchilarda rodamin 3B (kation, anion) shaklida bo'lib, assotsiatsiyalanadilar. Bu assotsiatsiya vaqtida rodamin 3B molekullarining uyg'ongan elektron sathi qismlarga bo'linar ekan. Bo'linish darajasi assotsiatga nechta molekula kirganligiga bog'liq. Eng oddiy holda dimer bo'lgan vaqtda u quyidagicha bo'linadi:



4-rasm. Rodamin 3B molekullari dimer holatidagi elektron sathining bo'linishi.

rodamin 3B molekullari misolida molekullararo Van der-Vaals kuchlari ta'sirining elektron spektrlarida qanday namoyon bo'lishini ko'rish mumkin. Bu yerda ko'rib o'tilgan rodamin 3B ning assotsiati shu moddaning suvda kuzatilgan assotsiatidan tubdan farq qilishi, asosan molekullararo har xil ta'sir natijasidir. Keltirib o'tgan

misolimiz hosil bo'lgan assotsiatlarning tuzilishini, hamda ushbu farqlar elektron spektrlarida namoyon bo'lishini ko'rsatadigan misoldir.

Ishni bajarish tartibi.

1. 20% xloroform va 80% geksan bo'lgan binar erituvchi tayyorlang.
2. Shu binar erituvchida rodamin 3B bo'yog'ining $c_1=10^{-3}$ g/ml, $c_2=10^{-4}$ g/ml, $c_3=10^{-3}$ g/ml konsentratsiyali eritmalarini tayyorlang.
3. Har uchala konsentratsiyali eritmaning yutish spektrlarini tushiring va uchala spektrni bitta millimetrlilik qog'ozga o'tkazing.
4. $c_1=10^{-3}$ g/ml eritmaga mos keluvchi spektrni molekularining monomer shakliga tegishli ekanligidan yuqori konsentratsiyadagilari rodamin 3B molekularining assotsiatsiyalariga tegishligini isbotlang.
5. Rodamin 3B ni suvdagi assotsiatsiyasi bilan binar erituvchida hosil qilgan assotsiatlarining spektrlaridagi farqlarni tushuntirib bering.

Konsentratsiyaning oshishi bilan monomerlarga tegishli bo'lgan tasmaning intensivligi kamayadi, spektr katta to'lqin tomonda kengayadi (10^{-4} g/ml), konsentratsiya oshib borishi bilan bu jarayon yanada kuchayadi va monomerlarga tegishli bo'lgan tasma intensivligi yanada kamayadi va uning katta to'lqin uzunligi tomonida yangi tasma vujudga keladi. Bu jarayon katta konsentratsiyali eritmalarda rodamin 3B molekularining o'zaro assotsiatsiyalari hosil qilinganliklari bilan tushuntiriladi. Bunga ishonch hosil qilish uchun 10^{-3} g/ml eritma spektrini bir soatdan keyin tushiring. Unda eritmaning yutish qobiliyati kamayganligini kuzatasiz va eritmaga sinchiklab qarasangiz, mayda-mayda zarrachalarni ko'rasiz. Bu tekshirishlayotgan eritmada yuqori darajali assotsiatlar hosil bo'lgani bilan tushuntiriladi.

Rodamin 3B molekulari assotsiatsiyasi suvda o'rganilgan. Rodamin 3B ning suvdagi (10^{-3} g/ml) eritmasida hosil bo'lgan assotsiatlar spektrida monomerlar yutish spektriga nisbatan qisqa to'lqin uzunligida yangi tasma ($\lambda_{max}=525$ nm) hosil bo'lgan bo'lsa, shu bo'yog'ning molekulari (10^{-3} g/ml) xloroform+geksan binar erituvchisida ham assotsiatsiyalanadilar. Ammo, bu hosil bo'lgan rodamin 3B assotsiatlari o'zlarining monomer molekulariga tegishli bo'lgan yutish tasmaiga nisbatan katta to'lqin uzunligi tomonidan joylashgan yangi keng tasma bilan xarakterlanadilar (4.7.-rasm). Bu bir xil moddani ikkita har xil tuzilishga ega bo'lgan assotsiatlarning vujudga kelganligi bilan tushuntiriladi. Haqiqatan ham rodamin 3B suvda vodorod bog'lanish orqali assotsiat hosil qilgan bo'lsa, binar erituvchida shu moddaning molekulari Van der-Vaals kuchlari yordamida assotsiatlar hosil qiladi va bu assotsiatlar tuzilishi 3-rasmida ko'rsatilgandek bo'ladi.

Sinov savollari

1. Real gaz nima? Real gaz uchun Van der-Vaals tenglamasini yozing.
2. Real gaz uchun Bertlo, Kammerling-Onnes va Diterichi tenglamalarini yozib, tushuntirib bering.

3. Oriyentasion ta'sir qachon vujudga keladi va uning ta'sir energiyasi qanday ifodalanadi?
4. Induksion ta'sir qachon vujudga keladi va uning ta'sir energiyasi qanday ifodalanadi?
5. Dispersion ta'sir qachon vujudga keladi va uning ta'sir energiyasi qanday ifodalanadi?
6. Eritmalarda Van der-Vaals kuchlari ta'sirida hosil bo'ladigan assotsiatlar elektron yutish spektrlarida qanday namoyon bo'ladi?
7. Assotsiasiya darajasi va uyg'ongan elektron sathlarning bo'linishini tushuntirib bering.

FLUORESENSIYA KVANT CHIQISHINI NISBIY USUL BILAN ANIQLASH.

Kvant chiqishini aniqlash uchun kvant birliklarda lyuminessensiya intensivligini o'lchab, modda tomonidan yutilgan yorug'lik intensivligining qiymatiga bo'lish yetarlidir. Bunday o'lchov ishlarini amalga oshirish ancha murakkab bo'lib, uslubiy jihatdan ko'p mehnat talab qiladi. Lyuminessensiyaga oid qator qo'llanmalarda ko'pgina moddalarning yuqorida aytilgan usul (mutloq usul) bilan aniqlangan kvant chiqishining qiymatlari adabiyotlar keltirilgan.

Mutloq kvant chiqishi ma'lum bo'lgan modda (etalon) va kvant chiqishi aniqlanadigan modda lyuminessensiya intensivligining qiymatlarini solishtirish yo'li bilan kvant chiqishini aniqlash mumkin. Bunday o'lchash usuli oddiy bo'lib, lyuminessensiya kvant chiqishini aniqlashning nisbiy usuli deb yuritiladi.

Ishning maqsadi: no'ma'lum moddaning lyuminessensiya kvant chiqishini aniqlash.

Kerakli asbob-uskuna va moddalar: spektrofotometr; lyuminessent qurilma; organik bo'yoqlar – rodamin 6J, rodamin C; erituvchi – suv (distillangan) yoki etil spirti; 0,1 santimetrli kyuveta; planimetr (yuzani o'lchaydigan asbob). Etalon modda sifatida rodamin 6J ning suvdagi eritmasi olinadi ($B_{et}=0,69$).

Ishni bajarish tartibi:

1. O'rganuvchi rodamin C va rodamin 6J ning etil spirtida eritmaları tayyorlanadi.
2. Tayyorlangan eritmalarining yutish spektrlari spektrofotometr yordamida o'lchanadi va grafigi millimetrli qog'ozda chiziladi.
3. Yuqorida keltirilgan mulohazalarga tayanib, $\lambda_{uyg'}$ tanlab olinadi.
4. $D(\lambda_{uyg'})$, $D_{et}(\lambda_{uyg'})$ lar aniqlanadi.
5. Eritmalarni ma'lum marta suyultirib, optik zichliklarining qiymati 0,01–0,08 sohada joylashishiga erishiladi (kyuveta qalinligi 0,1 sm ga teng deb olinadi).
6. Lyuminessent qurilmada $\lambda_{uyg'}$ tanlab olingandan so'ng, kyuvetalar bo'linmasiga navbat bilan etalon va o'rganuvchi moddalar joylashtiriladi. Kirish tirqishi shunday tanlanadiki, lyuminessensiya spektrlarining maksimumlari qayd qiluvchi qurilmalarning taqsimotidan chiqib ketmasin. Odatda, o'lchash ishlari o'rganuvchi va etalon moddalar uchun aynan bir xil sharoitlarda olib boriladi. Agar etalon va o'rganuvchi moddalarning maksimumida lyuminessent nurlanish intensivliklari uch martadan ko'proq farq qilsa, ularni tenglashtirish maqsadida lyuminessensiya intensivligi kattaroq bo'lgan eritma ma'lum darajada suyultiriladi, $D(\lambda_{uyg'})$ yoki $D_{et}(\lambda_{uyg'})$ kamayishi

$$B_{kv} = B_{st} \frac{\int F(v)dv}{\int F_{st}(v)dv} \cdot \frac{n^2}{n_{st}^2} \cdot \frac{D_{st}}{D}, \quad (1)$$

bu yerda B_{st} – standart modda fluoresiensiya kvant chiqishi, n_{st} va n – standart va kvant chiqishi aniqlanadigan moddaning sindirish ko'rsatkichi, D_{st} va D – standart va kvant chiqishi o'lchanadigan moddaning uyg'otuvchi yorug'lik to'lqin uzunligiga

mos keluvchi optik zichliklari. (1)–formula yordamida hisobga olinadi va tirqish qaytadan tanlanadi.

7. Etalon va o'rganuvchi moddalarning lyuminessensiya spektrlari o'lchanadi va

$$I_{haq} = I_{kuz} \frac{\alpha_{yut} + \alpha_l \cos \varphi}{\alpha_{yut}}$$

ifodadan foydalanib, ularga tuzatma kiritiladi. So'ngra, spektrlar egallagan yuzalar o'zaro solishtiriladi va o'rganuvchi moddaning kvant chiqishi (1)–formula yordamida aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Yutish va lyuminessensiya spektrlari nima?
2. Moddaning kvant chiqishi nima?
3. Moddaning energetik va kvant chiqishlari orasidagi munosabatni keltirib chiqaring.
4. Modda kvant chiqishini qanday usullar bilan aniqlash mumkin?
5. Etalon moddalari qanday talablarga javob berishi kerak?
6. Reabsorbsiya hodisasi nima?
7. Lyuminessensiya kvant chiqishining kamayishiga olib keluvchi asosiy sabablar.
8. Energetik va kvant chiqishlari uchun S.I.Vavilov qonunlarini tushuntirib bering.
9. Kvant chiqishi va uyg'ongan vaqt davomiyligi (τ) orasidagi bog'lanishning mohiyatini aytib bering.

FOTONIKANING ZAMONAVIY MASALALARI FANIDAN TEST SAVOLLARI

1. Fotonning tinchlikdagi massasi teng.

+ nolga

- elektron massasiga

- proton massasiga
- neytron massasiga

2. Fotonning energiyasi to'liq uzunlikka
- + teskari proporsional
 - to'g'ri proporsional
 - bog'liq emas
 - ma'lumotlar etarli emas

3. Fotonning energiyasi chastotaga.....
- + to'g'ri proporsional
 - teskari proporsional
 - bog'liq emas
 - ma'lumotlar etarli emas

4. Yorug'likning to'liq nazariyasining asoschisi kim?
- +Gyuygens
 - Nyuton
 - Maksvell
 - Malyus

5. Yorug'likning zarracha nazariyasining asoschisi kim?
- + Nyuton
 - Gyuygens
 - Maksvell
 - Malyus

6. Fotometrik kattaliklarni ko'rsating?
- + Yorug'lik oqimi, Yorug'lik kuchi, Yoritilganlik, ravshanlik, Yorituvchanlik
 - Yorug'lik oqimi, Yorug'lik kuchi
 - Yoritilganlik, ravshanlik
 - Yoritilganlik, ravshanlik, Yorituvchanlik

7. Maksvell nazariyasi qachon yaratilgan?
- +19 asrning ikkinchi yarmida
 - 18 asrning ikkinchi yarmida
 - 20 asrning ikkinchi yarmida
 - 17 asrning ikkinchi yarmida

8. To'la ichki qaytish hodisasi bo'lish uchun quyidagi ikki shart bajarilishi kerak.
- + 1. Yorug'lik nuri optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga tushishi kerak. 2. Tushish burchagini qiymati chegaraviy burchak qiymatidan katta bo'lishi kerak.

- 1. Yorug'lik nuri optik zichligi kichik muhitdan optik zichligi katta muhitga tushishi kerak. 2. Tushish burchagini qiymati chegaraviy burchak qiymatidan katta bo'lishi kerak.
 - 1. Yorug'lik nuri optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga tushishi kerak. 2. Tushish burchagini qiymati chegaraviy burchak qiymatidan kichik bo'lishi kerak.
 - to'g'ri javob berilmagan

9. Chegeraviy burchak deb teng bo'lgandagi tushish burchagiga aytiladi.
- + sinish burchagi 90^0 ga
 - sinish burchagi 45^0 ga
 - sinish burchagi 0^0 ga
 - to'g'ri javob berilmagan

10. Yorug'likning to'la ichga qaytish hodisasidan foydalanib uzoq masofaga uzatish mumkin.

- + Yorug'lik energiyasini va jism tasvirini
- Yorug'lik energiyasini
- jism tasvirini
- Yorug'lik oqimini

11. Yorug'lik kuchi yo'nalishga bog'liq bo'lgan manbalarga manbalar deyiladi.

- + anizotrop
- izotrop
- tabiiy
- sun'iy

12. Yorug'lik kuchi yo'nalishga bog'liq bo'lmagan manbalarga manbalar deyiladi.

- + izotrop
- anizotrop
- tabiiy
- sferik

13. **1 sham-** bu

+ to'la nurlantirgichning 1sm^2 yuzasidan platinaning qotish temperaturasida ($2046,6^0\text{K}$) nurlantiruvchi yuzaga o'tkazilgan normal yo'nalishdagi Yorug'lik kuchining $1/60$ qismiga tengdir.

- to'la nurlantirgichning 1m^2 yuzasidan platinaning qotish temperaturasida ($2046,6^0\text{K}$) nurlantiruvchi yuzaga o'tkazilgan normal yo'nalishdagi Yorug'lik kuchining $1/60$ qismiga tengdir.

- to'la nurlantirgichning 1sm^2 yuzasidan platinaning erish temperaturasida ($2046,6^0\text{K}$) nurlantiruvchi yuzaga o'tkazilgan normal yo'nalishdagi Yorug'lik kuchining $1/60$ qismiga tengdir.

to'la nurlantirgichning 1sm^2 yuzasidan platinaning qotish temperaturasida ($2046,6^0\text{K}$) nurlantiruvchi yuzaga o'tkazilgan normal yo'nalishdagi Yorug'lik kuchining $1/600$ qismiga tengdir.

14. Kandella – bu

+ to'la nurlangich $1/600000\text{ m}^2$ yuzasidan shu yuzaga (\perp) yo'nalishda $P=101325\text{ Pa}$ bosimda va platinani qotish temperaturasiga teng temperaturada nurlantirilayotgan Yorug'lik kuchidir.

- to'la nurlangich $1/60\text{ m}^2$ yuzasidan shu yuzaga (\perp) yo'nalishda $P=101325\text{ Pa}$ bosimda va platinani qotish temperaturasiga teng temperaturada nurlantirilayotgan Yorug'lik kuchidir.

- to'la nurlangich $1/600000\text{ m}^2$ yuzasidan shu yuzaga (\perp) yo'nalishda $P=101325\text{ Pa}$ bosimda va platinani erish temperaturasiga teng temperaturada nurlantirilayotgan Yorug'lik kuchidir.

- to'la nurlangich $1/600000\text{ sm}^2$ yuzasidan shu yuzaga (\perp) yo'nalishda $P=101325\text{ Pa}$ bosimda va platinani qotish temperaturasiga teng temperaturada nurlantirilayotgan Yorug'lik kuchidir.

15. Ko'zga ko'rinadigan, infraqizil va ultrabinafsha nurlari birgalikda diapazondagi nurlari deyiladi.

+optic

-gamma

rentgen

-elektromagnit

16. Energiya oqimi zichligi vektori vektori deyiladi

+ Umov-Poyting

- Umov

- Poyting

-Maksvell

17. Umov-Poytingqancha energiya miqdori oqib o'tishini ko'rsatadi.

+1m² yuza orqali 1 sekundda

-1sm² yuza orqali 1 sekundda

-1mm² yuza orqali 1 sekundda

-1dm² yuza orqali 1 sekundda

18. Elektromagnit tebranishlari turli xil yo'nalishlarda turli xil bo'lgan hamda tartibsiz tebranadigan Yorug'liklarga Yorug'lik deyiladi.

+ tabiiy

-qutblangan

-anizotrop

-izotrop

19. Elektromagnit vektorining tebranishlari aniq biror yo'nalish yoki biror bir qonun asosida tebranuvchi Yorug'likka Yorug'lik deyiladi.

+ qutblangan

-tabiiy

-anizotrop

-izotrop

20. Kristall ichida turli tezliklar bilan bir yo'nalish bo'yicha o'zaro ikkita tik yo'nalishlar bo'yicha qutblangan nurlar tarqaladi.

+oddiy va oddiy bo'lmagan

-oddiy

-oddiy bo'lmagan

-tabiiy

21. Magnit maydonida Yorug'likning ikkiga ajralib sinish hodisasi 1905 yilda tomonidan kashf etildi.

+ Kotton va Muton

- Kotton

- Muton

-Maksvell

22. Elektr maydonida Yorug'likning ikkiga ajralib sinish hodisasi tomonidan kashf etildi.

+Kerr

- Kotton

- Muton

-Maksvell

23. Yorug'likning kvant nazariyasini tasdiqlovchi tajribalardan biri bu

+Yorug'lik bosimi

- Yorug'lik difraksiyasi

- Yorug'lik interferensiyasi

- Yorug'lik dispersiyasi

24. Yorug'likning kvant nazariyasini tasdiqlovchi tajribalardan biri bu

- + Kompton hodisasi
- Yorug'lik difraksiyasi
- Yorug'lik interferensiyasi
- Yorug'lik dispersiyasi

25. Yorug'likning kvant nazariyasini tasdiqlovchi tajribalardan biri bu

- + Fotoeffekt hodisasi
- Yorug'lik difraksiyasi
- Yorug'lik interferensiyasi
- Yorug'lik dispersiyasi

26.shart bajarilsa interferensiya hodisasi yuz beradi.

- + $\bar{J} \neq J_1 + J_2$
- $J = J_1 + J_2$
- $J = J_1 + J_2 + 2J_1J_2$
- $J = J_1 + J_2 + J_1J_2$

27. Qo'shni maksimumlar (yoki minimum) orasidagi masofa interferension polosa deyiladi

- + kengligi
- manzarasi
- balandligi
- to'g'ri javob berilmagan

28. Interferension polosa kengligi quyidagi tenglik bilan aniqlanadi.

- + $\Delta y_m = \Delta y'_m = \frac{L}{\ell} \lambda$
- $d_2 - d_1 = \frac{yl}{L}$
- $2L(d_2 - d_1) = 2yl$
- $2L(d_2 - d_1) = yl$

29. Mavhum manbalar orasidagi masofa kamayishi interferension yo'lining olib keladi.

- + kengayishiga
- torayishiga
- masofaga bog'liq emas
- ayrim hollarda kengayishi yoki torayishi mumkin

30. Tirqishning diametri qancha kichik bo'lsa, difraksion manzara shuncha kuzatiladi.

- + yaqqol
- noyaqqol
- keng
- tor

31. Fazoviy burchak kattaligi quyidagiga tengdir.

- + $\alpha \Omega = \frac{d\sigma}{r^2} \cos \varphi$

$$- \Omega = \frac{d\sigma}{r} \cos\varphi$$

$$- a\Omega = \frac{d\sigma}{r^3} \cos\varphi$$

$$- a\Omega = \frac{d\sigma}{r^4} \cos\varphi$$

32. Izotrop manbalar uchun Yorug'lik kuchi toping.

$$+ I = \frac{\Phi}{4\pi}$$

$$- I = \frac{\Phi}{\pi}$$

$$- I = \frac{\Phi}{4}$$

$$- I = \frac{\Phi}{2\pi}$$

33. Yorug'lik manbai nuqtaviy bo'lmasdan ma'lum bir o'lchamga ega bo'lsa, bunday manbalarni xarakterlash uchundegan tushuncha kiritiladi.

+ Ravshanlik

- Yorug'lik oqimi

- Yoritilganlik

- Yorituvchanlik

34. Elektromagnit maydon muhitda tezlik bilan elektromagnit to'lqin shaklida tarqaladi.

$$+ g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$- g = \frac{c}{\sqrt{\mu}}$$

$$- g = \frac{c\pi}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$- g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

35. Harakatdagi yassi monoxromatik to'lqinning \vec{E} va \vec{H} maydon vektorlari bir xil fazada tebranadi.

+bir

-har

-ikki

-uch

36. Nurlanish kvanti energiyasi quyidagi formula orqali topiladi.

$$+ \epsilon = \hbar\omega = h\nu$$

$$- \epsilon = \hbar\lambda = h\nu$$

$$- \epsilon = \hbar\lambda$$

$$- \epsilon = \hbar\lambda = h\theta$$

37. Yorug'likning elektromagnit nazariyasiga asosan Yorug'lik to'lqinlari to'lqin ekanligi kelib chiqadi.

+ ko'ndalang

- bo'ylama

-yassi

-sferik

38. Yorug'likning qutblanish hodisasi Yorug'lik to'lqinlari to'lqin ekanligini tajribada isbotlaydi.

+ ko'ndalang

- bo'ylama

-yassi

-sferik

39. Muhitning tuzilishi va xossalari turi yo'nalishlar bo'yicha turli xil bo'lgan muhitlargamuhitlar deb ataladi.

+ anizotropik

-izotropik

-bir jinsli

-xira

40. Koshi nazariyasi orqali dispersiya tushuntiriladi.

+normal

-anomal

-ham normal, ham anomal

-to'g'ri javob berilmagan

41. Tajribada anomal dispersiyani kuzatgan olim kim?

+Leru

-Maksvell

-Lebedev

-Fuko

42. Anomal dispersiyaning yuzaga kelishiga sabab nima?

+Yorug'likning yutilishi

- Yorug'likning sinishi

- Yorug'likning qaytishi

- Yorug'likning to'la ichki qaytishi

43. k– yutilish koeffitsiyenti manfiy bo'lgan moddalardan Yorug'lik o'tganda uning intensivligi

+ortadi

-kamaYadi

-o'zgarmaydi

-modda turiga bog'liq

44. Teng qalinlikka tegishli interferensiyaga lokallashgan interferensiya ham deyiladi.

+sirtida

-cheksizlikda

-haqiqiy

-mavhum

45. Teng og'ishga tegishli interferensiyaga lokallashgan interferensiya ham deyiladi.

+ cheksizlikda

- sirtida

-haqiqiy

-mavhum

46. Frenel difraksiyasida difraksion maksimum yoki minimum zonalar sonining bog'liq

+ toq yoki juftligiga

- toqligiga

- juftligiga

-zonalar soniga bog'liq emas

47. Difraksion panjaralar panjaralar bo'lishi mumkin.
 +qaytaruvchi va o'tkazuvchi
 - qaytaruvchi
 - o'tkazuvchi
 -faqat o'tkazuvchi
48. 1912 yilda Laue tomonidan nurlarining ($\lambda=10^{-2}\div 10^2 \text{ \AA}$) difraksiyasi kuzatilgan.
 +Rentgen
 -Ko'rinadigan
 -Infraqizil
 -Gamma
49. Uyg'ongan holatdagi atomlarning yashash davris ga teng.
 + 10^{-8}
 - 10^{-10}
 - 10^{-12}
 - 10^{-4}
50. Nurlanishning necha turi mavjud.
 +ikki
 -bir
 -uch
 -to'rt
51. Yutilish koeffitsiyenti manfiy ($\alpha_0 < 0$) bo'lgan muhitlarni hosil qilish mumkinligini qaysi olim ko'rsatgan.
 +Fabrikant
 -Plank
 -Yung
 -Fuko
52. Metastabil holatdagi atomlarning yashash davris ga teng.
 + 10^{-3}
 - 10^{-10}
 - 10^{-12}
 - 10^{-6}
53. 1960 yilda optikaviy diapazonda ishlovchi asbob qaysi olim tomonidan yaratildi.
 + Meynman
 -Basov
 -Tauns
 -Proxorov
54. Ionlarni uyg'ongan holatga keltirish uchun zarur bo'lgan energiyaga energiyasi deyiladi.
 + damlash
 -bog'lanish
 -yutilish
 -nurlanish
55. Yoqut lazeridagi yoqutning tarkibi dan iborat.
 + alyuminiy oksidi (Al_2O_3)
 -xrom oksidi (Cr_2O_3)
 -xrom ionlari
 - alyuminiy ionlari
56. Birinchi gazli geliy-neon lazeri yilda Javan, Bennet va Erriot tomonidan yaratildi.
 +1960
 -1939
 -1970
 -1965

57. Yoqut lazeri rejimda ishlaydi.

- +impulsli
- uzluksiz
- impulsli va uzluksiz
- to'g'ri javob berilmagan

58. Yorug'likning kombinasion sochilishi mumtoz nazariyasini lar yaratdilar.

- +Landsberg va Mandelshtam
- Landsberg va Tindal
- Mandelshtam va Reley
- Tindal va Reley

59. Haroratning oshishi bilan yo'ldoshlar intensivlig tez oshadi.

- + binafsha
- qizil
- o'zgarmaqdi
- haroratga bog'liq emas

60. Issiqlik nurlanish qonunlariga asoslanib yuqori haroratlarni o'lchash usullari deyiladi.

- + optik pirometriya
- saxarimetriya
- lyuminessensiya
- elektroyuminessensiya

61. O'zaro ketma-ket joylashgan linzalar sistemasining optik kuchi (oralaridagi masofa hisobga olinmagan holda):

$$+ D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

- $D = D_1 + D_2 - D_3 + \dots - D_n$
- $D = D_1 - D_2 + D_3 + \dots + D_n$
- $D = D_1 - D_2 - D_3 - \dots - D_n$

62. Yorug'lik kvanti (fotoni) ning energiyasi quydagi formula bilan aniqlanadi:

- + $E = h\nu$
- $\varepsilon = \hbar\lambda = h\nu$
- $\varepsilon = \hbar\lambda$
- $\varepsilon = \hbar\lambda = h\theta$

63. Agar nur sochayotgan jism absolyut qora bo'lmasa, u holda Stefan-Boltsman formulasi bilan aniqlanadi:

- + $R_e = k\sigma T^4$
- $R_e = kT^4$
- $R_e = k\sigma T$
- $R_e = \sigma T^4$

64. $D = \frac{d\varphi}{d\lambda}$ kattalikka difraksion panjaraningdispersiyasi deb ataladi.

- + burchakli
- chiziqli
- og'ish
- sinish

65. $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$ kattalikka difraksion panjaraning deyiladi.

- + ajrata olish qobiliyati
- burchakli dispersiyasi
- chiziqli dispersiyasi
- chiziqli kattalashtirishi

66. Absolyut qora jismning sirt birligidan 1 sekunda nurlanadigan energiya yani absolyut qora jismning energetik Yorqinligi formulasi bilan aniqlanadi:

+ Stefan-Boltsman

-Vin

-Plank

-Vin va Stefan-Boltsman

67. Tashqi fotoeffektni vujudga keltiruvchi foton energiyasi bilan uchib chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi o'rtasidagi bog'lanishformulasi bilan aniqlanadi:

+ Eynshteyn

- Stefan-Boltsman

- Vin

- Plank

68. Nuyutonning Yorug' halqalari radiuslari (o'tuvchi Yorug'likda)

+ $r_k = \sqrt{kR\lambda}$

- $r_k = 1/\sqrt{kR\lambda}$

- $r_k = \sqrt{(2k-1)R \frac{\lambda}{2}}$

- $r_k = 1/\sqrt{(2k-1)R \frac{\lambda}{2}}$

69. Yassi-parallel plastinkalardagi (o'tuvchi Yorug'likda) Yorug'likning kuchayishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

+ $2hn \cos r = 2k \frac{\lambda}{2}$

- $hn \cos r = k \frac{\lambda}{2}$

- $2hn \cos r = 2 \frac{\lambda}{2}$

- $2n \cos r = 2k \frac{\lambda}{2}$

70. Ekrandagi ikki kogerent Yorug'lik manbalariga parallel joylashgan interferensiya yo'llari o'rtasidagi masofa

+ $\Delta y = \frac{L}{d} \lambda$

- $\Delta y = \frac{1}{d} \lambda$

- $\Delta y = \frac{L}{d} \delta$

- $\Delta y = \frac{L}{\mu} \lambda$

71. Bitta qilib qo'shilgan ikki yupqa linzaning optik kuchi:

+ $D = D_1 + D_2$

- $D = D_1 / D_2$

- $D = D_1 - D_2$

- $D = D_1 < D_2$

72. Lupaning kattalashtirishi ga teng.

$$+k = \frac{L}{F}$$

$$-k = \frac{L}{\lambda}$$

$$-k = \frac{\lambda}{F}$$

$$-k = L/\delta$$

73. Kompton doimiysining son qiymati ga teng.

+ $2,41 \cdot 10^{-12}$ m

- $2,41 \cdot 10^{-10}$ m

- $2,41 \cdot 10^{-12}$ sm

- $2,41 \cdot 10^{-12}$ mm

74. Kompton effekti deb, nurlanish (rentgen) moddaning erkin elektronidan sochilishi natijasida to'qin uzunligining aytiladi.

+ ortishiga

- kamayishiga

- o'zgarasligiga

- doimiy qolishiga

75. Fotoqarshilik –..... asosan ishlaydigan asbobdir.

+ ichki fotoeffektga

- tashqi fotoeffektga

-sinish qonuniga

-Malyus qonuniga

76. Qarshiligi unga tushayotgan Yorug'lik intensivligiga bog'liq bo'lgan yarim o'tkazgichli qurilmaga deyiladi.

+fotoqarshilik

_ fotogalvanik elementlar

-doid

-trioid

77. Fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlovchi qurilmalarni korsating.

+fotoelement, fotoqarshilik

-nurtola, fotometr

-fotometr, fotoelement

-fotoelementm nurtola

78. Fotoelementning voltamper xarakteristikasini olish jarayonida anod bilan katod orasidagi potensial oshishiga qaramasdan anod tokining kattaligi o'zgaras qolgan tok miqdorigadeyiladi.

+ to'yinuvchi tok qiymati

- to'yinuvchi kuchlanish qiymati

- to'yinuvchi kuchlanish va tok qiymati

- to'yinuvchi quvvat qiymati

79. Anodda vujudga keladigan to'yinish toki qiymatito'g'ri proporsional bo'ladi.

+ Yorug'lik oqimiga

-tok kuchiga

-tok quvvatiga

-kuchlanishga

80.ko'rsatdiki, Yorug'likning sochilishiga asosiy sabab havodagi chang zarrachalari emas, balki havo molekularining o'zidir.

- + Reley
- Raman
- Landsberg
- Maksvell

81. Spektral asbob deb qanday asbobga aytiladi?

+Spektral asbob deb-optik diapazondagi elektromagnit to‘lqinlarni chastota yoki to‘lqin uzunligi bo‘yicha taqsimlovchi asbobga aytiladi.

-Spektral asbob deb - ultrabinafsha oblastdagi elektromagnit to‘l-qinlarni chastota bo‘yicha taqsimlovchi asbobga aytiladi.

-Spektral asbob deb - ko‘zga ko‘rinuvchi nurlarni to‘lqin uzunligi bo‘yi-cha taqsimlovchi asbobga aytiladi.

-Spektral asbob deb - uzoq infraqizil oblastdagi elektromagnit tul-qinlarni faqat to‘lqin uzunligi bo‘yicha taqsimlovchi asbobga aytiladi.

82. Difraksion panjara formulasini ko‘rsating.

$$+ m\lambda = d(\sin\alpha + \sin\beta)$$

$$- m\lambda = d(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$$- m\lambda = d(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$$- m\lambda = d(\cos\alpha + \sin\beta)$$

83. Difraksion panjarali spektral asboblarni uchun burchakli dispersiya formulasini ko‘rsating.

$$+ D_{\theta} = \frac{dQ}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos\beta}$$

$$- D_{\theta} = \frac{dQ}{d\lambda} = \frac{m}{d \sin\alpha}$$

$$- D_{\theta} = \frac{dQ}{d\lambda}$$

$$- D_{\theta} = \frac{d\lambda}{dQ}$$

84. Burchakli dispersiya ta’rifini bering.

+To‘lqin uzunligi o‘zgarishiga mos keluvchi burchak o‘zgarishining nisbatiga aytiladi.

-To‘lqin uzunligi o‘zgarishi bilan spektrlar orasidagi masofaning o‘zgarishiga aytiladi.

- $\frac{d\lambda}{d\theta}$ kattalikka aytiladi.

-To‘lqin uzunligining spektrlar orasidagi masofaning nisbatiga teng bo‘lgan kattalikka aytiladi.

85. Chiziqli va burchakli dispersiyalar orasidagi bog‘lanishni ifodalaydigan tenglikni ko‘rsating.

$$+ D_{\theta} = fD_{\lambda}$$

$$- D_{\theta} = fD_{\lambda}$$

$$- D_{\theta} = \frac{D_{\lambda}}{f}$$

$$- D_{\theta} = mD_{\lambda}$$

86. Quyidagi birliklardan qaysi biri chiziqli dispersiya birligini ifodalaydi.

$$+ \text{mm}/\text{A}^0$$

$$- \text{A}^0/\text{mm}$$

$$- 1/\text{A}^0$$

$$- \text{m}^2/\text{A}^0$$

87. Spektral asbobning ajrata olish qobiliyati ifodasini ko‘rsating.

$$+ R = \frac{\lambda}{d\lambda}$$

$$-R = \frac{d\lambda}{\lambda}$$

$$-R = \lambda \cdot d\lambda$$

$$-R = \frac{1}{\lambda d\lambda}$$

88. Spektral asbobning kattalashtirishi deganda nimani tushunasiz.

+Tasvir o'lchamining buyum o'lchami nisbatiga teng bo'lgan kattalik tushuniladi.

-Buyum o'lchamining tasvir o'lchamiga nisbatiga teng bo'lgan kattalik tushuniladi.

-Spektral asbobning kattalashtirishi deganda manbadan chiqayotgan Yorug'likning intensivligi tushuniladi.

- $K = \frac{h}{H}$ kattalik tushuniladi. (h-buyumning o'lchami, N-tasvirning o'lchami)

89. Spektral asboblarning ajrata olish qobiliyatini birinchi bo'lib kim o'rgangan.

+Reley

-Fraungofer

-Devid

-Nyuton

90. Difraksion panjara nazariyasi kim tomonidan yaratilgan.

+Fraungofer

-Maks Plank

-Maykelson

-Reley

91. Difrakson panjaraning ajrata olish qobiliyatini oshirish uchun nima qilish kerak.

+Birlik uzunlikka to'g'ri keluvchi shtrixlar sonini ko'paytirish kerak

-Birlik uzunlik to'g'ri keluvchi shtrixlar sonini kamaytirish kerak

-Difraksion panjaraning burchakli dispersiyasini oshirish kerak

-Difraksion panjaraning burchakli dispersiyasini kamaytirish kerak

92. Difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyatini difraksion panjaraning shtrixlar soni bilan bog'langan holda yozilgan ifodasini ko'rsating.

$$+R = \frac{\lambda}{d\lambda} = K \cdot N$$

$$-R = \frac{\lambda}{d\lambda}$$

$$-R = \frac{d\lambda}{\lambda} = K \cdot N$$

$$-R = \frac{\lambda}{d\lambda} = \frac{K}{N}$$

93. Ko'zga ko'rinuvchi nurlar diapazoni qaysi javobda to'g'ri keltirilgan

+3700+7000 A⁰

-100+800 A⁰

-8000+14000A⁰

-2000+3400 A⁰

94. Tulqin uzunligi ta'rifi qaysi javobda ketirilgan.

+ Bir marta to'liq tebranishda bosib o'tilgan yo'l

-1 sek. da bosib o'tilgan yo'l

-Butun harakati davomida bosib o'tilgan yo'l

-Ikki marta tebranishda bosib o'tilgan yo'l

95. Spektral asboblarda dispersiyalovchi element sifatida qaysi optik asboblar qo'llaniladi.

+Prizmalar, difraksion panjaralar va interferometrlar

-Ob'ektivlar, linzalar va okulyarlar

- Prizmalar, linzalar va interferometrlar
- Faqat prizmalar

96. $m\lambda = d(\sin\alpha + \sin\beta)$ - ifodadagi d - qanday kattalikni xarakterlaydi.

- +Difraksiya panjara doimiysini
- Difraksiya panjara uzunligini
- Difraksiya panjaradagi tartib nomerini
- Difraksiya panjaradagi tirqishning kengligini

97. Interferometr turlarini ko'rsating.

- +Ikki nurli va ko'p nurli interferometrlar
- Bir nurli va ikki nurli interferometrlar
- Uch nurli va ko'p nurli interferometrlar
- Interferometrlar faqat bir nurli bo'ladi

98. Ikki nurli interferometrlarga quyidagilarning qaysilari kiradi.

- +Jamen va Maykelson interferometrlari
- Fabri-Perro va Maykelson interferometrlari
- Fabri-Perro va Jamen interferometrlari
- Fabri-Perro, Jamen va Maykelson interferometrlari

99. Yutilish spektrlarini o'rganishda kimning qonunidan foydalaniladi

- +Buger-Beer Lambert
- Fraunhofer
- Fabri-Perro
- Maykelson

100. Yutilish koeffitsientining birligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan

- + sm^{-1}
- sm
- $\frac{A^0}{MM}$
- $\frac{MM}{A^0}$

Fotonikaning zamonaviy masalalari fanidan glossariy.

-A-

ABBE REFRAKTOMETRI-suyuq va qattiq muhitlarning suyuqlikni sindirish ko'rsatkichini o'lchash asbobi.

ABERRATSIYA-lotincha *aberration-og'ish*, chetga chiqish-optik tizimning ideal holatdan og'ishi natijasida tasvirning buzilishi.

ABSORBSIYAVIY SPEKTROSKOPIYA-spektroskopiyaning ko'rinuvchi, infraqizil va ultrabinafsha nurlanishning yutilish spektrini o'rganuvchi bo'limi.

ADAPTIV OPTIKA-o'zidan o'tuvchi Yorug'likning to'lqin fronti buzilishlarini o'zi tuzatish xususiyatiga ega bo'lgan optik tizim.

AJRATA OLISH QOBILIYATI-optik tizimning buyumning bir-biriga yaqin ikki nuqtasini ayrim-ayrim tasvirlay olish qobiliyatini tavsiflovchi kattalik; ajrata olish limitiga teskari kattalik.

AJRATILISH CHEGARASI-optik tizim buyumning ayrim-ayrim tasvirlab

beradigan ikki nuqtasi orasidagi eng kichik masofasi; burchak yoki chizig'iy o'lchovlarda ifodalanadi.

APOXROMAT-yunoncha *apo*-bu yerda kichrayishni bildiradigan old qo'shimcha va *chroma* – rang – optik tizimlarning sferaviy va sferoxromatik aberratsiyalari to'g'rilangandan so'ng qoldiq xromatik aberratsiya *axromat*dagidan kichik bo'ladigan obyektiv.

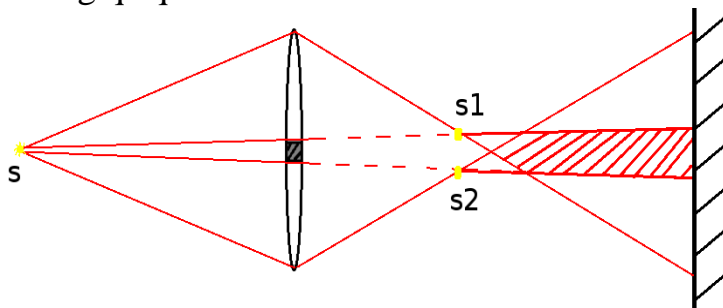
-B-

BIKO'ZGU-nuqtaviy manbadan chiqqan Yorug'lik 180^0 dan kichikroq burchak ostida joylashgan ikkita ko'zgudan qaytib, Yorug'likning kogerent dastasini hosil qiluvchi asbob.

BILINZA-nuqtaviy manbadan chiqqan Yorug'likning bitta yig'uvchi linzani kesishi natijasida bir-biridan biroz ajratilgan ikkita yarim linza Yordamida kogerent Yorug'lik dastasi hosil qiluvchi asbob.

BINAFSHA SILJISH-nurlanish manbai va nurlanish kuzatuvchisining o'zaro yaqinlashuvi tufayli etalon spektrga nisbatan manbaning elektromagnetik nurlanish spektrida chiziqlar to'lqin uzunliklarining qisqarishi.

BIO QONUNI -Tabiiy optik faollikka ega bo'lgan nokristall moddalar (suyuqlik yoki nafaol erituvchidagi eritma) qatlamidan o'tuvchi chizig'iy qutblangan Yorug'likning qutblanish tekisligi φ aylanish burchagini aniqlash qoidasi.



BIPRIZMA-nuqtaviy manbadan chiqqan Yorug'likning kichik sindirish burchakli,

BUTUN TO'LQIN PLASTINKA-qo'sh sindiruvchi kristalldan uning optik o'qiga parallel, qalinligini esa oddiy va nooddiy nurlar optik yo'l farqi to'lqin uzunlikka karra bo'ladigan qilib kesib olingan plastinka.

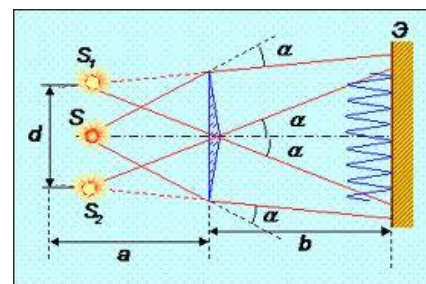
-D-

DASTA-Yorug'likni qutblash uchun ishlatiladigan shaffof yassi plastinkalar to'plami; 2-Yorug'lik yoki nur to'plami.

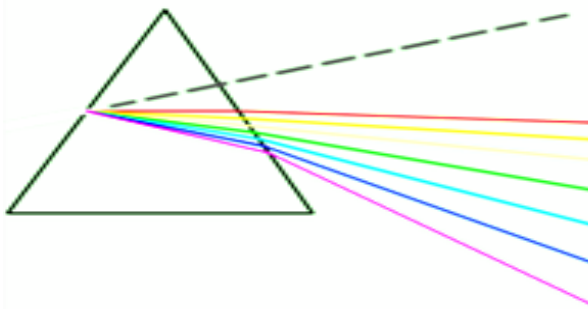
DIAPHRAGMA-yunoncha *diaphragma*-to'siq- 1)biror fizik tizimning qismlarini ajratib turuvchi to'siq; 2) optik tizimlarda Yorug'lik nurlarining ko'ndalang kesimini cheklovchi noshaffof to'siq; 3) zarYadlangan zarralar dastasi kesimini cheklovchi elektr o'tkazuvchi plastinkadagi tirqish.

DINAMIK GOLOGRAFIYA-to'lqinlarni yozish jarayonida ularning kogerentligi o'zgarishi qaraladigan golografiya sohasi.

DIOPTRIYA (dp, D)- linza yoki sferik ko'zguning optik kuchi birligi; 1 dioptriya bosh fokus masofasi 1 m bo'lgan linza yoki sferik ko'zguning optik kuchiga teng



DISPERSIYA- lot *dispersio*-sochilish-tarkibiy qismlarga ajralish



DISPERSIYA PRIZMASI– tekshiriladigan nurlanish uchun shaffof moddadan yasalgan, elektromagnetik nurlanishni dispersiyalovchi prizma

FIZIKAVIY OPTIKA-Yorug'lik va Yorug'lik hodisalarining tabiatini o'rganuvchi optika bo'limi.

FLUKTUATSIYA-lotincha *fluctuatio-tebranish*-fizik kattalik qiymatining o'z o'rtacha qiymatidan tasodifiy chetlanishlari.

FLUORESSENSIYA-dastlabki flyuorit minerali va lotincha *secent-zaif* ta'sirni bildiruvchi suffiks-Yorug'lanishni o'rganuvchi ta'sir to'xtagandan so'ng tezda so'nuvchi lyuminessensiya.

FOKUSLASH-sferik yoki silindrik shakldagi yig'uvchi to'liq frontlari yaratish.

FOSFORESSENSIYA-uyg'otuvchi ta'sir to'xtaganidan keyin ham nurlanishni uzoq vaqt saqlab turuvchi lyuminessensiya.

FOSFOROSKOP-fosforessensiya jadalligining davomiyligini va vaqtga bog'lanishini aniqlash uchun ishlatiluvchi asbob.

FOTOAKUSTIK HODISALAR-optik nurlarning ta'sirida muhitlarda tovush (akustik) to'liqlarning yuzaga kelishi.

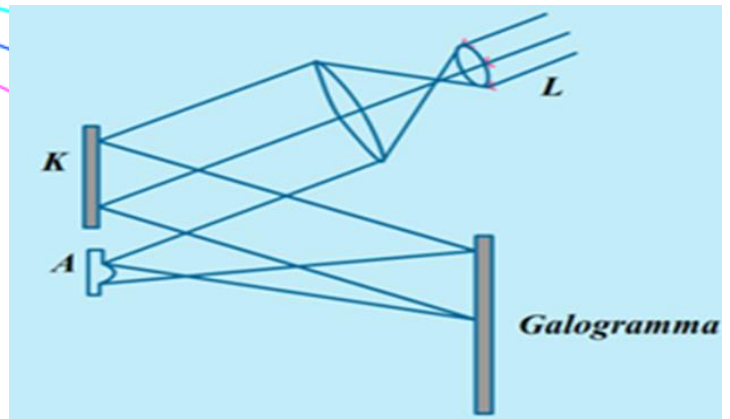
FOTOGRAFIYA-fotosezgir materiallarda tasvir hosil qilish hamda fizik va boshqa jarayonlarda nurlanishlarni qayd qilish usullari.

FOTOLYUMINESSENSIYA-Yorug'lik ta'sirida yuzaga keluvchi lyuminessensiya.

FOTOMETR-yunoncha *photos*-Yorug'lik va *metreo*-o'lchayman-Yorug'lik maydonini tavsiflovchi kattaliklarni o'lchash asbobi.

FOTOMETRIYA-optik nurlanishning chiqishi, tarqalishi va modda bilan o'zaro ta'sirlashishida uning energiya tavsiflari qaraladigan optika bo'limi.

GOLOGRAFIYA-yunoncha *holos*-barcha, to'liq va *grapho*-yozaman-to'liqlarning interferensiyasi asosida buyumlarning hajmiy tasvirini olish usuli.

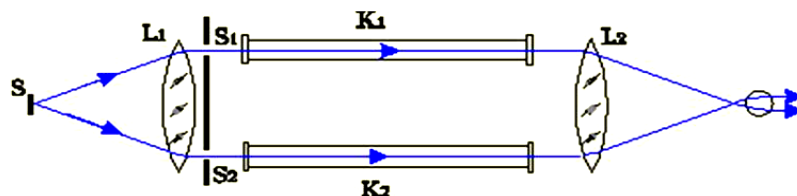


-I-

IDEAL OPTIK TIZIM-buyumlar fazosida tekislikning har bir nuqtasini tasvir fazosidagi tekislik nuqtasi tarzida tasvirlovchi optik tizim.

IKKILAMCHI NURLANISH-tushayotgan elektromagnit nurlanish ta'sirida dipol elektrik momentlari majburiy tebranishlarni bajarayotgan atomlar yoki molekullar chiqadigan elektromagnit nurlanish.

IKKI FOTONLI NURLANISH-nurlanuvchi tizimning bitta kvant o'tishida ikki fotonning nurlanish jarayoni.



IMPULS

GOLOGRAFIYA-jadal lazer impulslar vositasida gologrammalar yozib olish.

INTERFERENSIYA YO'LLARI-Yorug'lik interferensiyasida kuzatiladigan Yorug' va qorong'u yo'llar tizimi.

INTERFERENSIYA MANZARASI-kogerent Yorug'lik dastalarining qo'shilishi natijasida hosil bo'luvchi va past jadallikli Yorug'lik sohalarining muntazam navbatlashuvi

INTERFERENSIYA TARTIBI - muayyan nuqgada interferensiyalashuvchi nurlar yo'llari farqining shu nurlarniig vakuumdagi to'lqin uzunligiga nisbati

INTERFEROGRAMMA -tekshirilayotgan elektromagnitik nurlanish jadalligi modulyatsiyasining qaydi; interferometrda nurning yo'l farqini tekis o'zgartirish orqali amalga oshiriladi

INTERFEROMETR-to'lqinlarning interferensiyasi hodisasi asosida ishlaydigan o'lchash asbobi

INFRAQIZIL NURLANISH -to'lqin uzunliklari 1 2mm+0,74mkm oraliqda bo'lgan, oddiy ko'zga ko'rinmaydigan elektromagnitik nurlanish

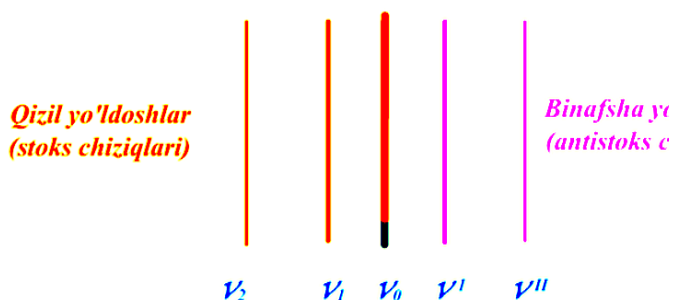
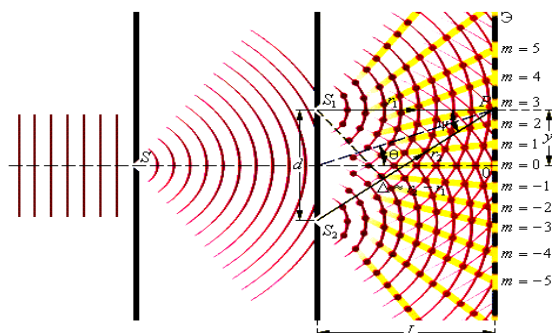
INFRAQIZIL SPEKTROSKOPIYA - spektr infraqizil sohasidagi spektrning chiqishini, yutilishini va sochilishini hosil qilishni, tadqiq qilshi va qo'llashni o'z ichiga oluvchi optik spektroskopiya bo'limi

ISSIQ LYUMINESSENSIYA-uyg'otilgan elektron holatdagi kvant tizim (molekula, qattiq jism) atrof muhit bilan issiqlik muvozanati o'rnatishi jarayonida (odatdagi lyuminessensiya tizimning atrof muhit bilan issiqlik muvozanati sharoitida yuz beradi) Yorug'lik chiqishi.

ICHKI TO'LQINLAR-zichligi chuqurlik ortishi bilan o'sa boradigan qatlanmagan suyuqlik (gaz)dagi to'lqin harakatlar ko'rinishi.

-K-

KOMBINATSION SOCHILISH-tushayotgan nur bilan modda molekularining tebranish chastotalari kombinatsiyasi bo'lib namoyon bo'ladigan sochilish.[3]



-L-

LAZER-inglizcha *laser-Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*-“majburiy nurlanish tufayli Yorug’likning kuchayishi” so‘zlarining bosh harflaridan-optik rezonatorda joylashgan faol muhitning majburiy nurlanishi natijasida kogerent elektromagnetik to‘lqinlar chiqaruvchi kvant generator.

LAZER SPEKTROSKOPIYA-lazer nurlanish Yordamida olingan Yorug’likni chiqarish, yutilish va sochilish spektrlarini o‘rganuvchi spektroskopiya bo‘limi.

MUVOZANAT NURLANISH-termodinamik muvozanatda bo‘lgan fizik tizimdan chiqariluvchi issiqlik nurlanish.

-N-

NIKOL PRIZMASI-island shpatidan yasalgan, ikki qismdan tashkil topgan, yassi qutblangan Yorug’lik hosil qilishda qo‘llaniladigan prizma.

NISBIY KO‘RINUVCHANLIK-ko‘zning nisbiy spektral sezgirligi.

NIT-(*nt*)-lotincha *niteo-yarqirayman*-kvadrat metrga to‘g‘ri keladigan qandil; ravshanlik birligining qadimiy nomi (q. *Kandela*).

NOBIRJINS MUHIT-muayyan fizik xossalari koordinatalarga bog‘liq bo‘lgan muhit.