

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika-matematika fakul'teti

“Nazariy va qattiq jismlar fizikasi” kafedrası

5440100 – “Fizika” ta'lim yo'nalishi bo'yicha bakalavr darajasini olish uchun

Djo'rayeva Malohat Nurilloloyevna ning

**“Xalq xo'jaligida va sanoatda lyuminessentsion tahlildan
foydalanish” mavzusida**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar: dots. Q.S.Saidov
“ ” _____ 2011 y.

BMI “Nazariy va qattiq jismlar fizikasi” kafedrasining “ ” _____ 2010 y.
№ ____ sonli yig'ilishida ko'rib chiqildi va himoyaga ruxsat berildi.

Kafedra mudiri : prof. D.R.Djurayev
« ____ » _____ 2011 y.

Taqrizchi : dots. S.F.Shodiyev
« ____ » _____ 2011 y.

«Himoya qilishga ruxsat berildi »
Fakul'tet dekani prof. Sh.M. Mirzayev
“ ” _____ 2011 y.

Buxoro –
2011 y.

Мундаража.

Кириш.-----	3
1 боб. Моддаларнинг хусусий нурланишлари.-----	8
1.1Люминесценция нурланиш.-----	8
1.2Люминесценцион тахлил.-----	27
1 бобнинг хулосаси. -----	27
2 боб. Люминесценцион нурланишдан халқ хўжалиги ва саноатда фойдаланиш.-----	42
2.1Кўринмас радиацияларни аниқлашда люминесценциядан фойдаланиш.-----	42
2.2Биология ва тиббиётда люминесценцион тахлилдан фойдаланиш.-----	46
2.3 Саноатда ва қишлоқ хўжалигида люминесценцион тахлилдан фойдаланиш.-----	50
2.4 Полеонтология, археология ва криминалистикада люминесценцион тахлил-----	57
3 бобнинг хулосаси.-----	57
Хотима.-----	70
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати. -----	72

Кириш.

**Билимга чанқоқ, истеъдодли ёшларни топиб,
уларни ватанга фидойий инсонлар қилиб
тарбиялаш муқаддас вазифадир.**

И. Каримов.

Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислом Абдуғаниевич Каримов «Баркамол авлод йили» давлат дастури тўғрисидаги қарорига асосан мамлакатимизда соғлом баркамол авлодни тарбиялаш, ёшларнинг ўз ижодий ва интеллектуал салоҳиятини рўёбга чиқариш, мамлакатимиз йигит қизларини 21 аср талабларига тўлиқ жавоб берадиган ҳар томонлама ривожланган шахслар этиб вояга етказиш учун зарур шарт- шароитлар ва имкониятларни яратиш бўйича кенг кўламли аниқ йўналтирилган чора тадбирларни амалда ошириш мақсад қилинди. Унга асосан: тайёрланган мутахассисларга реал иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларидаги мавжуд талабга алоҳида эътибор қаратган ҳолда, ўсиб келаётган ёш авлодга таълим тарбия бериш соҳасидаги моддий- техника борасини янада мустаҳкамлаш ундан оқилона ва самарали фойдаланишни таъминлаш, давлат таълим стандартлари, ўқув дастурлари билан таъминлаш ва такомиллаштириш.

Мамлакатимизни модернизатция қилиш ва кучли фуқаролик жамияти барпо этиш мақсадида таълим жараёнига янги ахборот коммуникация ва педагогик технологияларни электрон дарсликлар, мултемедия воситаларини кенг жорий этиш орқали мамлакатимиз мактабларида, касб-хунар коллежларни, лицейлари ва олий юртларида ўқитиш сифатини тубдан янгилаш режалаштирилган. Мен юртбошимизнинг бундайқувониб, гапиришини таббий деб ўйлайман. Чунки халқимизнинг қонида, табиатида бўлган езгу фазилатига кўра, одамларимиз кўпроқ ўзини эмас, балки фарзандларини, уларнинг келажагини, бахтини саодатини ўйлаб яшайди.

Шу нуқтаи назардан қараганда, биз танлаган тараққиёт йўлининг таркибий қисмига аниқроқ айтадиган бўлсак, келажагимиз мустаҳкам пойдеворига айланиб бораётган таълим соҳасидаги буюк дастурларимизни ўз вақтида узоқни кўзлаб ишлаб чиққанимиз ва амалда оширишимиз нақадар тўғри бўлганини бугун мамлакатимиз эришган юксак марра ва натижалар яққол намоён этмоқда.

Биз мамлакатимизнинг келажагини кўзда тутган ҳолда бугунки кунда тараққий топган давлатлар илмий жамоатчилигини эътибор марказида тутган, энг илғор, истикболли илмий изланиш ва тадқиқот ишларини юртимизда ривожлантириш мақсадида Фанлар академияси ва олий ўқув юртлари таркибида янги лабораторияларни ташкил қилиш уларнинг ривожланган мамлакатлардаги илм- фан марказлари билан самарали ҳамкорлик алоқалари ўрнатишига эришимиз керак.

Бу масалани ҳозирги вақтда олдимизда турган долзарб вазифалардан бири сифатида кўришни бугун замоннинг ўзи талаб қилмоқда.

Фан, техника ва саноатда спектроскопик усулларни қўлланилиши барча йўналишларда жадал ривожланишларни таъминламоқда. Шунингдек илмий тадқиқотлар натижаларини саноат маҳсулотларини ишлаб чиқаришда ҳамда бирқанча мураккаб масалаларни ҳал қилишда муҳим рол ўйнамоқда.

Ишнинг долзарблиги: Саноатда ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини тайёрлашда люминесценцион таҳлилнинг ишлатилиши юқори самарага эришишга имкон бермоқда. Қишлоқ хўжалиги ва уруғчиликда моддаларнинг хусусий нурланишини назорат қилиш ёрдамида ҳосилдорликни ошириш масаласини ҳал қилишда ўрнига эгадир.

Хафсиз арзон усул ҳисобланмиш люминесценцион таҳлил халқ хўжалигининг қайси соҳасида кириб бормасин жуда кўп ижобий ўзгаришлар бўлишига сабаб бўлмоқда.

Ишнинг мақсади: Мазкур малакавий битирув ишида люминесценцион таҳлилдан халқ хўжалиги ва саноатда фойдаланишда эришиладиган ижобий ўзгаришлар, эришиладиган ютуқлар ҳақида адабиётлардан маълумотлар тўплаб системалаштириш мақсад қилиб қўйилди. Шунингдек ишлаб чиқариш саноати ва қишлоқ хўжалигида люминесцент усулдан фойдаланиш шароитлари ва меъёрларини ўрганишни муҳим деб ҳисобладим.

Илмий тадқиқот ишларида ионлаштирувчи зарралар манбасидан ишлаганда ҳамда радиоцион ишларни люминесценцион таҳлилнинг қўлланилиши ёриғлари ва афзаллик томонларини ўрганишни ишнинг мақсадига киритдим.

Илмий янгиликлар: Радиотехника, машинасозлик, тўқимачилик ва резина ишлаб чиқариш, озиқ- овқат саноатларида ҳамда палеонтология, археология, криминалистика соҳаларида люминесценцион таҳлил турларидан фойдаланиб келиши ҳақида ва бу борада хулосалар қилишга етарли бўлган маълумотлар тўпланди. Маълумотларни таҳлил қилиб люминесценцион таҳлилнинг самаралари тўғрисида хулосалар қилинди.

Тадқиқот предмети ва объекти: Халқ хўжалиги ва саноатда қўлланиладиган люминесценцион таҳлил усуллари ва уларнинг қўлланилишини тадқиқ этиш.

Қўлланилиш соҳаси: Малакавий битирув ишида йиғилган материаллар ва қилинган хулосалардан махсус фанларни ўтилишида ва халқ хўжалиги тармоқларида ишлатилиши мумкин. Шунингдек халқ хўжалиги ва саноат объекларида ҳамда қишлоқ хўжалигида наватирлик ишларини ва лойиҳаларни ишлаб чиқаришда тўплаган манбалардан унумли фойдаланилса мақсадга мувофиқ бўлади.

Тадқиқот усули: Илмий манбалардан ва адабиётлардан тадқиқот этиш ва хулосалар қилиш. Шунингдек экспертиза ва криминалистика манбалардан таҳлил қилиб материаллар тайёрлаш.

Олинган асосий натижалар: Малакавий битирув ишининг биринчи бобида моддаларнинг ёруғлик таъсирида ҳосил бўладиган хусусий нурланишларнинг назарий асослари кўриб чиқилди. Люминесценция нурланиш спектрининг моддада таркибига кирувчи молекула ва атомларнинг

энергетик сатҳларидаги оптик ўтишларга мос равишда ҳосил бўлиши жараёни тўла ёритилди. Шунингдек люминесценцион таҳлил турлари амалдга ошириш усуллари ва объеклари ҳақида маълумот берилди.

Малакавий битирув ишининг иккинчи бобида люминесценцион таҳлилдан халқ хўжалиги ва саноатда фойдаланиш ҳақида системалаштирилган ҳолда маълумотлар берилади. Биология ва тиббиётда тирик организмларда модда алмашуви ва ҳаётий суюқликларнинг ҳаракатини, хусусий нурланишини кузатиш усули билан назорат қилиниши ҳақида материаллар киритилди. Саноатда ва қишлоқ хўжалигида люминесценцион таҳлилнинг қўлланилиши нуқсонларни бартараф этиш муаммолари ҳосилдорликни ошириш масалаларини ҳал этишда муҳим роль ўйнайди. Полеонтология, археология ва криминалистикада люминесценцион таҳлилни қўллаш натижасида эришилган ютуқлар ҳақида маълумотлар берилди.

Ҳажмий кенглиги ва таркиби: Малакавий битирув иши 72 бетга расмийлаштирилди, кириш қисми бешта параграфни ўз ичига олган. Иккита бобдан ҳамда хотима ва адабиётлар рўйхатидан иборат.

I бoб. МОДДАЛАРНИНГ ХУСУСИЙ НУРЛАНИШЛАРИ.

1.1 Люминесценция нурланиш.

Кўп атомли молекулаларнинг флуоресценция спектрларини текшириш буғларнинг флуоресценция ходисаси 20 аснинг бошидагина ўргана бошланди. Бу ходиса Бор назарияси барпо қилингандан кейин талқин этилди. Суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг фотолюминесценция ходисалари ёрқинроқ ва кузатиш енгилроқ бўлгани учун уч юз йилдан бери маълум. Лекин суюқ ва қаттиқ моддалар молекулалари ўртасидаги Узаро таъсирлар жуда мураккаб бўлгани учун ҳозирги вақтгача, хусусан, совет физикларининг ишлари туфайли олинган қатор муҳим натижаларга қарамай конденсацияланган системалардаги люминесценция ходисаларини изоҳлашда тўлиқ назарий равшанликка эришилган. Фотолюминесценция ходисани турли усуллар билан кузатиш мумкин. Кўпчилик моддаларда (бўёқларнинг, масалан, флуоресценция эритмаларида) сочилган кундузги ёруғликда ёки қуёш нурларининг дастасида ўзига хос ёруғликни кўриш мумкин. Камроқ ёруғланадиган бошқа жисмлар учун 1.1 – чизмада кўрсатилган қурулмадан фойдаланиш қўлай бўлади. Манбадан, масалан, электр ёйидан чиқаётган ёруғлик линза ёрдамида йиғилиб текширилаётган моддага, масалан, бўёқ, хинин, керосин ва ҳоказоларнинг эритмаси солинган колбага туширилади. Колбанинг ён томонидан қараб турган кўз ёруғлик дастасининг қоронғи фондаги изини оқ паласа кўринишида эмас, балки текширилаётган моддага қараб борор рангга флуоресценция учун яшил, родамин учун қизил ранг, хинин учун кўк ва бошқа рангларга бўялган даста сифатида кўради. Пайдо бўлган ёруғланишнинг ранги люминесценцияга хос белги бўлади: бу ранг тушаётган (уйғотувчи) ёруғликнинг рангидан фарқ қилиши натижасида люминесценцияни кузатиш енгиллашади. Бунда одатда Стокс топган (1852) қоида бажарилган, бу қоидага мувофиқ, люминесценция ёруғлигининг тўлқин узунлиги люминесценцияни вужудга келтирган ва жисм томонидан ютилган ёруғликнинг тўлқин узунлигидан каттароқ бўлади. Одатда люминесценциянинг ва абсорбциянинг спектрал паласаларининг жойлашиши 1.2 – чизмада кўрсатилганга мос бўлиб, чизмадан бу паласалар қисман устма-уст тушиши кўринади. Шундай қилиб, Стокс қоидаси ютиш паласасининг максимуми люминесценция паласаси максимумига нисбатан қисқа тўлқинлар томонига силжиган бўлишини билдиради.

Люминесценцияни кузатиш шароитларини Стокс қоидадан фойдаланиб яхшилаш мумкин, бунинг учун уйғотувчи нурларнинг йўлига люминесценциянинг тўлқин узунлигига мос бўлган нурларни ютадиган, лекин ўрганилаётган модда абсорбция қиладиган ёруғликни ўтказадиган F филтър қўйиш керак. Аксинча, ўрганилаётган буюм билан кўз ўртасида биринчи филтрга қўшимча бўлган, яъни A паласанинг нурланишини ютадиган, лекин L соҳани ўтказиб юборадиган F филтър қўйилади. Шундай қилиб, кўз тасодифий сочилган ёруғликдан химоя қилинади, шу билан бирга

люминесценция юз беради ва кузатувчига сезиларли сусаймасдан этиб боради. Айқаш филтрлар усули деб аталган бу усул зоиф люминесценцияланадиган моддаларни текширганда катта ёрдам беради. Люминесценция ва абсорбция паласалари қисман устма-уст тушганлиги сабабли, люминесценция ёруғликнинг бир қисми ёритилган модданинг ичидан этарли қалинликдаги барча қатламлардан ўтиб чиққанда бирмунча ютилади. Бунинг натижасида люминесценция паласасининг кўриниши бузилиши мумкин, айниқса люминесценцияланадиган модданинг концентрацияси катта бўлганда тегишли тузатмалар киритиш зарур бўлади.

В. Л. Левшин органик молекулаларнинг баъзи синфлари учун Стокс қоидасини ютилиш ва люминесценция спектрларининг кўзгу симметрияси қоидаси деб аталадиган миқдорий муносабат билан алмаштириш мумкин эканлигини кўрсатди. Левшиннинг кузатишларига мувофиқ, юқорида айтилган типдаги моддаларнинг ютиш ва люминесценциянинг частоталар функцияси сифатида ифодаланган эгри чизиклари ордината рационал танланган ҳолда иккала спектрини ифодаладиган эгри чизикларнинг кесишиш нуқтасидан частоталар ўқиға перпендикуляр равишда ўтаётган тўғри чизикқа нисбатан кўзгули симметрик экан. Гарчи кўзгу симметрияси қоидаси люминесценциянинг катта ҳолларида ҳам бажарилавермаса-да, бу қоида мураккаб молекулаларнинг жуда кенг синфи учун молекулаларнинг энергетик сатҳлари структураси ҳақида ҳулосалар чиқаришга имкон беради.

Умумий мулоҳазалардан бирор моддада люминесценцияни вужудга келтиришга қадар бўлган ёруғлик бу моддада ютилиш кераклиги, яъни уйғотувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги абсорбция (ютиш) паласаси ичида ётиши кераклиги равшандир. Бу паласа етарли даражада кенг бўлганлиги учун (бундай ҳол суюқлик ва қаттиқ жисмларда қариб доимо учрайди) уйғотувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги абсорбция паласаси ичида анча кўп ўзгариши мумкин. Бу турдаги текширишларнинг кўрсатишича, уйғотувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги ютиш паласаси ичида ўзгарганда люминесценция спектрлари ўзгармайди. (1.3-чизма).

Агар модда бир неча ютиш паласасига эга бўлса, турли ютиш паласаларига тегишли ёруғлик билан уйғотиш люминесценция спектрини ўзгариши мумкин, лекин люминесценция спектрлари ўзгармай қоладиган ҳоллар кам эмас. Бу муҳим кузатишлар люминесценция спектри текшириладиган моддани характерлашини кўрсатади. Уйғотувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги иккинчи даражали аҳамиятга эга бўлиб, бир ютиш паласасига ўтишгина молекуланинг уйғотиш характеристикасини ёд буғларини уйғотганда кузатилгандек ўзгариш маълум роль ўйнайди.

Айрим монохраматик нурланишлар билан уйғонганда Стокс қоидасидан четланиш ҳоллари айниқса яққол кузатиш мумкин. 1.4 – чизмада шундай ҳол тасвирланган. Стокс қоидасининг бузилишига тегишли бўлган штрихланган соҳа антистокс соҳаси дейилади. Баъзан бу соҳани жуда яхши кўриш мумкин. Стокс қоидаси фотонлар ҳақидаги тасаввурлар ёрдамида назарий жиҳатдан талқин этилди. Бу изоҳ люминесценция натижасида

чиққан ҳар бир фотон ($h\nu$) ютилган битта фотон ($h\nu_0$) ҳисобига пайдо бўлади, деган фаразга асосланган. Одатда ҳар бир шундай процессда ютилган фотон энергиясининг бир қисми (A) молекула ичида ҳар хил процессларга сарфланади, натижада энергиянинг сақланиш қонунига асосан,

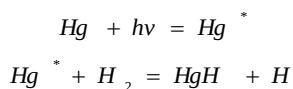
$$h\nu = h\nu_0 - A$$

A катталик мусбат бўлиб, Стокс топган силжишни изохлаб беради. Стокс қондасининг бузилишига уйғотувчи фотоннинг энергиясига люминесценцияланувчи моддадаги иссиқлик энергиясининг қўшилиши сабаб бўлади. Ҳақиқатдан ҳам, температура кўрсатилиши билан антистокс соҳа аниқроқ кўринади. Бу умумий мулоҳазалар люминесценциянинг юзага келишига доир барча масалаларни ҳал қила олмайди, албатта. Ютилган энергиянинг ҳаммаси ҳам люминесценция энергияси сифатида нурланавермайди, люминесценциянинг энергия бериш қобилияти ёки фойдали иш коэффициенти деб, нурлантирилган энергиянинг люминесценцияланувчи модда ютган энергияга бўлган η нисбатига айтилади. Энергия бериш қобилиятини биринчи бўлиб аниқлаган С.И.Вавилов катталик шароитларига чамбарчас бок эканлигини топди. η катталик 100 % га деярли тенг бўлган ва, аксинча, жуда кичик бўлган ҳоллар учрайди. Бу катталик бир моддадан иккинчисига ўтгандагина ўзгариб қолмай, балки бир модданинг ўзида ташқи шароитларга: температурага, эритгичга, концентрацияга, бегона аралашмаларга ва ҳакозоларга кўп боғлиқ бўлади.

Люминесценциянинг бегона моддалар қўшилиши натижасида сусайиш ҳодисаси люминесценциянинг сўниши дейилади. Газларнинг резонанс флуоресценцияси ундай процесснинг моҳияти тушунарлидир. Атом уйғонган ҳолатда ўрта ҳисоб билан 10^{-8} - 10^{-9} с бўлади. Шу вақт давомида уйғонган атом аралашманинг бирор атоми ёки молекула билан тўқнашиши мумкин. Бунда уйғонган атомнинг энергияси у билан тўқнашган заррага узатилади ва бу заррада бўлаётган бирор процессларга сарфланади ёки иссиқликга айланади(иккинчи тур тўқнашишлар). Шундай қилиб, уйғонган атомларнинг бир қисми нурланишдакатнашиш имкониятидан маҳрум бўлади ва, демак, дастлаб кузатилган люминесценция сусаяди (сўнади). Унинг ўрнига ёруғликни ўзи ютмайдиган, лекин энергияни уйғотган атомдан оладиган молекула химиявий реакцияга киради. Агар $h\nu \geq 0$ бўлса, бирламчи фотохимиявий реакция амалга ошиши мумкин. Лекин бунинг учун молекула кўрсатилган ν частотали ёруғликни ютиши керак. Агар ν частотали ютиш паласасидан ташқарида бўлса, у ҳолда ютиш ҳам йўқ, фотохимиявий реакция ҳам юз бермайди. Лекин ўрганилаётган моддада ютиш паласасига ν частота кирадиган бошқа модда қўшилса, фотохимиявий парчаланиш процессини амалга ошириш мумкин бўлади. $h\nu$ фотонни ўша иккинчи модданинг (сенсивизаторнинг) молекуласи ютади ва кейин шундай усулда олиган энергия запаси тўқнашиш вақтида ўрганилаётган модданинг

молекуласига узатилади. Бундай турдаги фотохимиявий реакциялар сенсивиллаштирилган реакциялар деб аталади. Бундай реакцияларни амалга ошириш учун парчаланаётган модданинг молекуласи сенсивилизаторнинг уйғотган молекуласи билан бу молекула ўзининг қўшимча энергиясини нурланиш (флуоресценция) ёки бошқа бирор усул билан йўқотишган аввал тўқнашиши керак. Шунинг учун сенсивилизатор таъсирининг зарур шarti сифатида сенсивилизатор молекулалари билан ўрганилаётган модда молекулалари сида тез-тез тўқнашиш имконияти, яъни етарли босимнинг (агар реакция газларда ётган бўлса) мавжудлиги қабул қилинади.

Шундай процессга мисол сифатида водород ва кислороддан тўлқин узунлиги $\lambda = 253,7 \text{ nm}$ бўлган ёруғлик таъсирида H_2 O_2 водород ангтдридиининг ҳосил бўлишини кўрсатиш мумкин. Тўлқин узунлиги $\lambda = 253,7 \text{ nm}$ бўлган ёруғликни на водород, на кислород атомлари ютмайди ва натижада уларнинг аралашмасидан ҳеч қандай реакция юз бермайди. Агар идишда симоб буғи киритилса, бу буғ тўлқин узунлиги бўлган ёруғликни яхши ютиши сабабли қуйидаги схема бўйича реакция бошланади:



(Hg^* - симобнинг уйғонган атомини билдиради) ёки бошқача

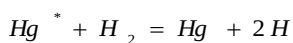


схема бўйича реакция бўлади ва водород атомлари кислород билан реакцияга киришиб, H_2O_2 ҳосил қилади. Ютилган ва тўқнашиш вақтида иккинчи заррага узатилган энергия шу заррани уйғотиши ва люминесценцияни вужудга келтириши мумкин.

Суюқ ва қаттиқ моддалар люминесценцияда ҳам люминесценция сўнади; масалан, ёдли калий қўшилганда кўпчилик эритмалар люминесценциянинг интенсивлиги кўп камаяди. Бу ҳолларда ҳам сўндиргич бўлиши туфайли люминесценцияланадиган молекуланинг уйғониш энергия сўндиргичнинг молекуласига ўтса керак. Оқибатда уйғонган молекулалардан олинган энергия бутун модда орасида тақсимланиб, уни бир оз қиздиради. Люминесценцияланадиган модданинг концентрацияси ортганда ҳам худди шундай сўниш ҳодисаси (концентрацион сўниш деб аталадиган ҳодиса) юз беради. Тажрибанинг кўрсатишича, модда концентрациясининг анча кўпайтирилиши оқибатида, одатда, флуоресценция кўп камаяди ва модда концентрациясининг анча катта бўлганда флуоресценция жуда кам бўлади. мисол сифатида 1.5- чизмани кўриб чикайлик; бу чизма флуоресценциянинг сувдаги эритмасининг флуоресценцияланиш қобиляти эритма концентрациясининг кўпайиши билан камайишини кўрсатади.

Флуоресценцияланиш қобиляти кўп ҳолларда кузатилган камайишига бирор сўндирувчи агентларнинг борлиги сабаб бўлса ажаб эмас.

Аксинча, флуоресценциянинг сувдаги эритмасига ишқор қўшилганда флуоресценция равшанлигининг кўп ортишига сезиларли сўндирувчи таъсир кўрсатувчи водород, ионларининг концентрацияси камайиши сабаб бўлса керак. Суюқликлардаги концентрацион сўнишнинг ва бегона аралашмалар таъсирида сўнишнинг моҳиятини, яъни уйғониш энергиясининг иссиқликка ўтиш процессини молекула ва муҳитнинг тузилиш ҳодисасидаги энг батафсил маълумотлар асосидагина тушуниш мумкин. Лекин бизда ҳоли бундай батафсил маълумотлар асосидагина тушуниш мумкин. Лекин сўниш ҳодисасининг бу ҳодисасини люминесценциянинг бошқа хусусиятлари билан (масалан, кутбланишнинг давомийлиги ва характери билан) боғлашга имкон берадиган экспериментал ҳамда назарий умумий қонунлари С.И. Вавилов ва унинг ҳамкорлари бажарган ишлар туфайли этарли даражада тўла аниқланган.

Атрофдаги муҳит люминесценциянинг интенсивлигина эмас, балки унинг спектрал таркибига ҳам таъсир қилади. Масалан, бир эриткичнинг ўрнига бошқасини қўллаш флуоресценция пбир неча юз ангстрем силжитиши мумкин. Бунда эритилган моддадаги кўпинча бир-биридан кўп фарқ қилиши сабаб бўлса керак. Масалан, акридин молекуласи бинафша рангда флуоресценцияланса, унинг иони кўк- яшил флуоресценцияланади. Шунинг учун органик эриткичлардаги ёки ишқорий муҳитдаги акридин бинафша рангда ёруғланади, сувли эритма ёки кислотали муҳитда эса кўк- яшил рангда ёруғланади. Юқорида айтилган шартлар люминесценция усулидан миқдорий анализ мақсадларида фойдаланишни қийинлаштиради. Лекин пухта ўтказилган дастлабки текширишлар ёрдаида кўпинча бундай қийинчиликни бартараф қилса бўлади.

Кўпчилик моддаларда (асосан суюқлик ва газларда) люминесценция шунчалик тез сўнадики, амалда ёритиш тугаши билан бир вақтда ёруғланиш ҳам тугайди. Люминесценциянинг бундай тури одатда флуоресценция деб аталади. Демак, флуоресценцияни кузатиш узлуксиз ёритишни талаб қилади. Бошқа ҳолларда (каттик жисмларда) ёритиш тугагандан сўнг ёруғлик чиқиб туриши бир мунча вақт давом этиши мумкин. Люминесценциянинг бундай тури кўпинча фосфоресценция деб аталади. Бу икки процессни сўнг нурланишнинг давом этиш вақтида қараб ажратиш бир оз сунъийдир, чунки кузатиш усуллари яхшилаш люминесценциянинг барча турлари бирмунча вақт давом тишини аниқлаб беради.

Сўнгги нурланишнинг борлигини ва унинг давом этиш ваи аниқлаш учун турли усуллар қўлланилади. Шу мақсад учун хизмат қиладиган ва Беккерел фосфороскопи деб аталадиган содда асбоб қўйидагича тузилган. Ўрганиладиган модда тез айлантриш мумкин бўлган икки диск орасига қўйилади. Дискларда секторсимон ўйиқларнинг сони бир хил бўлиб, дисклар умумий ўққа бир дискнинг ўйиқлари иккинчи дискнинг яхлит жойларига тўғри келадиган қилиб ўрнатилган (1.6 –чизма). Буюмга (моддада) ёруғлик юбораётган манба дискларнинг бир томонида, кузатувчи эса иккинчи томонда туради. Дисклардаги тешиклар бир- бирига тўғри келмаганлиги сабабли буюмни ёритиш ва кузатиш турли вақтларда бўлиб, дискларнинг

айланиш тезлигини ва тешиklar ўртасидаги бурчакни ўзгартириб бу процесслар орасидаги вақтни ўзгартириш мумкин. Дискларнинг фосфорессенция ёруғлиги кўринадиган ҳолдаги айланиш тезлиги ва олдинги ҳамда кейинги дисклардаги тешиklarнинг бир- бирига нисбатан силжиш бурчаги маълум бўлса, сўнг нурланишнинг давом этиши вақтини аниқлаш мумкин. 10^{-4} с гача бўлган чўзилиш вақтини Беккерел фосфороскопи ёрдамида ўлчаш мумкин.

Бошқа турдаги фосфороскопда буюм тез айланаётган шаффоф дискка жойлаштирилади. Диск айланганда кузатувчи дискнинг четларига борганча сусайиб борадиган фосфорессенцияланувчи паласани кўради (1.7-чизма) . айланиш тезлиги маълум бўлса, паласанинг узунлиги бўйича фосфорессенциянинг чўзилиш вақтини баҳолаш мумкин.

Гавиол флуорометри ёрдамида янада қисқа чўзилиш вақтини (10^{-9} с гача) ўлчаш мумкин (1.8-чизма). Бу усул Кевр эффектидан фойдаланишга асосланган бўлиб, бу эффект $10^{-8} - 10^{-9}$ с вақтлар учун амалда инерциясиздир. Кеврнинг икки $N_1Z_1N_2$ ва $N_3Z_3N_4$ кўрилмаси юксак частотали ($10^6 - 10^7$ Hz) ўзгарувчан кучланиш билан бошқарилади ва натижада бу қурилмалар ёруғлик йўлини секундига жуда кўп марта очадиган ва ёпадиган оптик зотворларга айланиб қолади. Бу қурилмаларнинг таъсири маълум даражада Беккерел фосфороскопининг икки дискининг таъсирига ўхшаш бўлади. анбадан чиқиб, бирор пайтда $N_1Z_1N_2$ дан ўтган ёруғлик флуорессенцияланувчи Т моддага боради ва люминессенция вужудга келтиради. Люминессенция процесснинг қанча вақт кечикишига боғлиқ равишда бу иккиламчи ёруғлик Z_2 га бирмунча кечроқ келади. $N_3Z_2N_4$ қурилманинг ўтказувчанлиги вақт ўтиши билан тез ўтказгани сабабли Z_2 га этиб келиш пайтида боғлиқ бўлади ва, демак, бу интенсивликка қараб, сўнг нурланиш вақти тўғрисида хулоса чиқариш мумкин.

Гавиол флуорометрида Z_2 орқали ўтган ёруғликнинг интенсивлиги эмас, балки ёруғликнинг икки компонентаси ўртасида Кевр конденсаторида пайдо бўладиган фарқи ўлчанади. Бу катталиқнинг ўзи ўтаётган ёруғликнинг интенсивлигини аниқлаб беради; фазолар фарқини ўлчаш эса (К конденсатор ёрдамида) ўтказилган ёруғликнинг интенсивлигини баҳолашга қараганда қулайроқ. Юқорида айтилган усул билан ўлчанган кечикиш вақти икки катталиқдан: ёруғликнинг $Z_1T Z_2$ йўлни босиб ўтишга кетган τ вақтдан ва иккиламчи ёруғланиш процессининг τ кечикиш вақтидан иборат бўлади. Агар флуорессенцияланувчи модда солинган идишнинг ўрнига ёруғликни амалда оний қайтарувчи кўзгу қўйсак, τ ни бевосита топиб олишимиз мумкин ва тегишли тузатма киритиш, ёруғликнинг τ кечикиш вақтини аниқлаш имкониятига эга бўламиз.

Фанлар академиясининг Физика институтида И. А. Тумерман ва М. Д. Галанин қурган флуорометр Гавиол флуорометрига маълум даражада ўхшаш бўлиб, бу қурилмада ёруғлик нури ультраакустик тўлқинлардаги дифракция ҳодисаси ёрдамида модуляцияланади. Бу усул ёруғлик кучининг катта бўлиши билан Кевр усулидан устун туради. Ҳозирги вақтда янада тез ишлайдиган бошқа флуорометриялар қурилёпти.

τ ни аниқланган қиймати нурланиш процессига қайси нуктаи назардан қаралишига қараб ёруғликнинг кечикиш вақтини (уйғонган ҳолатнинг ўртача давом этиш вақтини) ёки ёруғланишнинг чўзилишини (чиқариш процессининг давом этиш вақтини) характерлаши мумкин. Ҳозир квант нуктаи назаридан изоҳлашнинг тўғрилигига шубҳа қилишимиз учун асос йўқ, шунинг учун τ ни уйғонган ҳолатнинг ўртача давом этиш вақти дейиш табиий бўлади. лекин кўпинча нурланиш процессини классик нуктаи назаридан талқин этиш мақсадга мувофиқ бўлиб, бу ерда эса τ ни бутунлай бошқа маънога эга.

Яккаланган атомларнинг нурланиши учун (Na атомларининг резонанс флуоресценцияси, $\tau = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ с}$) , суюқ ҳамда қаттиқ жисмларнинг люминесценция учун τ нинг қийматлари юқорида баён этилган усул билан аниқланган. Турли хил суюқ ҳамда қаттиқ моддалар учун τ нинг қийматлари 10^{-9} с атрофида бўлиб, бир моддадан иккинчи моддага ўтганда ва ҳатто эриткични ўзгартирганда ўзгариши аниқланади. Масалае, лозиннинг сувдаги эритмаси учун $\tau = 1,9 \cdot 10^{-9}$ с, бўёкнинг метил спиртидаги эритмалари учун $\tau = 3,4 \cdot 10^{-9}$ с га тенг $0,5 \cdot 10^{-9}$ с га тенг бўлиб, ҳозирги замон флуорометрияларида бу хато янада камайтирилиши мумкин. Люминесценцияланувчи қаттиқ моддалар учун, масалан, уранли эритмаларда τ анча катта (10^{-4} с), қаттиқ жисмларнинг люминесценциясининг бошқа кўп ҳолларида уйғонган ҳолатнинг ўртача давом этиш вақти шунчалик каттаки, уни ўлчаш учун бу параграфнинг бошида таърифланган куполроқ фосфороскоплар қўлланилади. Фосфорларнинг ёруғланиши бир неча соат ва ҳатто бир неча кун давом этадиган махсус турлари (кристаллофосфорлар) бор.

Давомли ва қисқа вақли люминесценция турли типдаги физик процесслар натижасида юз бериши шубҳасиз. Люминесценциянинг иккинчи тури, яъни флуоресценция ва фосфоресценция даставвал айна шу белги билан фарқланар эди, бунда флуоресценция деб ёритилиши тугаган ҳамона тўхтайдиган ёруғланиш тушунилар эди. Уйғонган ҳолатнинг давом этиши вақтига доир бўлган маълумотлар бундай бўлиши шартли эканлигини кўрсатади, чунки уйғонган ҳолатнинг давом этиши вақтидаги фарқ жуда катта : биз флуоресценция қаторига τ ни бир неча ўн марта фарқ қиладиган процессларни (масалан, симоб ва натрий атомларининг резонанс флуоресценциясини) ҳеч қандай шубҳасиз қиритамиз.

Шунга карамай, фотолюминесценция процессларни икки турга ажратиш мумкин бўлса керак. Биринчи турда уйғонган ҳолатга натижасида уйғонган атом ёки молекулалардан электроннинг ажралишига олиб келмайдиган процесслар киради. Бундай турдаги люминесценция молекулаларнинг (атомнинг) дастлабки ҳолатга қайтишига мос келади; бу люминесценция, асосан, шу молекулаларнинг (атомнинг) хусусиятлари билан белгиланади ва ташқи шароитларга (температурага), атрофдаги молекулаларга ва ҳакозоларга жуда кам боғлиқ бўлади. бу қаторга биринчи навбатда газлар ва суюқликнинг люминесценцияси киради. Иккинчи тур люминесценцияланувчи кристаллар ёки кристал кукунларда намоён

бўлади. бундай моддалар уйғонган электрон кўпинча ўзининг кристалл панжарасидаги жойидан бутунлай ажралади; натижада кристаллларнинг электр зувчанлиги ортади ва ажралган ёки қандайдир бошқа электроннинг бўш жойига қайтиши билан бирга юз берадиган фосфоресценция пайдо бўлади.

Электроннинг кристаллдаги ҳаракатчанлиги кам бўлгани учун бунда уйғонган ҳолатнинг давом этиш вақти анча катта бўлиши мумкин. Бундай турдаги фосфоресценция жуда катта муддатга чўзилган бўлиб, уни фосфороскоп ёрдамисиз кузатиш мумкин. Температура кўтарилса, кўпинча, бу вақт анча камаёди, бунда электронлар ҳаракатчанлигининг ортиши сабаб бўлиши мумкин. Люминесценциянинг юқорида кўрсатилган соф турлари чегаравий ҳоллар бўлиб, улар ўртасида турли ўтишлар бўлиши мумкин. Хусусан, муҳитнинг ёпишқоқлиги ортганда (масалан, эритмага желатин қўшилганда) нурланиш процесси узаяди ва қисқа вақтли нурланишни узок вақтли нурланишга айлантиради. Лекин бу ерда узлуксиз ўтиш йўқ ва ёпишқоқлик ошганда қисқа вақтли люминесценция билан бир вақтда иккинчи хил узок муддатли люминесценция ҳам юз беради.

Люминесценциянинг таърифи ва давом этиш вақтининг мезони.

Люминесценциянинг давом этиш вақтини кўрсатувчи τ вақтнинг қийматлари хилма-хил ($\tau = 10^{-9}$ с дан $\tau = 10^6$ с гача) бўлишига қарамай бу вақтнинг қиймати люминесценциянинг барча процесслари учун нурланаётган молекулаларнинг хусусий тебранишлари даврида ($T = 10^{-14} - 10^{-15}$ с) анча катта эканлиги хосдир. С. И. Вавилов бу ҳолга алоҳида эътибор бериб, давом этиш вақтининг шу мезони люминесценцияни ёруғликнинг бошқа турларидан ажратиш имкониятини берадиган ягона характерли мезон эканлигини кўрсатади.

Биз иссиқлик (яъни температурали) нурланишни Кирхгоф қонунига бўйсинувчи муносабатли нурланиш сифатида таърифлаган эдик. Шу билан биз иссиқлик нурланишни ёруғликнинг муносабатда бўлмайдиган бошқа турларидан фарқ қилган эдик. Бироқ тайинли температурада интенсивлиги иссиқлик нурланишидан катта бўлиши мумкин бўлган муносабатда бўлмайдиган ёруғланишлар қаторида ҳар хил турлар учрайди. Шулар қаторида люминесценция ҳам киради, албатта, лекин сочилган ёруғлик ҳам, қайтган ёруғлик ҳам, иссиқлик нурланишидан худди шундай фарқ қилади. Лекин ёруғланишларнинг люминесценциядан бошқа турларнинг ҳаммасини мажбурий ёруғлик тебранишлари сифатида характерлаш мумкин. Бу тебранишлар мажбур этувчи ёруғланиш мавжуд вақтда давом этади ва амалда мажбур этувчи ёруғлик тебранишларининг даври билан бир ўлчамли бўлган вақтдавомида, яъни тахминан $\tau = 10^{-14}$ с давомида йўқолади. Люминесценциянинг сўнгги нурланиш вақти жуда катта улади. Шунга мос равишда С. И. Вавилов люминесценцияни температурали нурланишдан ортиқча нурланиш деб таърифланишни ва бундай нурланишнинг давом этиш вақти ёруғлик тебранишларининг давридан анча катта бўлиш шартти бажарилиши кераклигини таклиф қилади.

Бу таъриф люминесценцияни ёруғланишнинг бошқа турларидан бир маъноли ажратади ва ёруғликнинг люминесценция характерини тажрибага катта ишонч билан аниқлаш имконини беради. Бунинг учун ёруғланиш вақтини мураккаб усуллар билан аниқилинмайди. Бу вақтнинг жуда қисқа эмаслигига ишонч ҳосил қилиш етарлидир. Бунинг учун эса фараз қилинаётган люминесценцияни мос сўндиргич ёрдамида сўндиришга доир тажриба ўтказиш кифоя. Ёруғланиш сўниши учун уйғонган ҳолатнинг давом этиш вақти сўндиргич молекулалари билан бўладиган тўқнашишлар ўртасида вақтдан катта бўлиши керак. Уйғонган молекулалар ва сўндирувчи моддалар концентрацияси жуда кам бўлмаганда бу вақт $10^{-11} - 10^{-12}$ с дан кам эмас. Шунинг учун люминесцент бўлмаган, яъни жуда тез тугайдиган ($\tau \leq 10^{-14}$ с) ёруғланишлар сўнишига улгурмайди.

С. И. Вавиловнинг ўзи шу мезон ёрдамида бир неча муҳим ҳолларда ёруғланишнинг люминесцент ёки люминесцент эмаслиги ҳақидаги масалани ҳол қилишга муваффақ бўлди. Реактив нурлар (β ва γ - нурлар таъсирида юз берадиган махсус ёруғланиш ҳоли айниқса катта аҳамиятга эга. С. И. Вавилов раҳбарлигида ишлаётган Черенков (1934) бундай нурланиш турли- туман моддаларда, шу ҳисобда тоза суюқликларда пайдо бўлишини кўрсатди. Бу ёруғланишнинг сўнмаслигини аниқлаб, С. И. Вавилов бу ёруғланишни илгари ҳисоблаганча люминесценция эмас, деган фикрга келди ва унинг вужудга келишига электронларнинг модда орқали ўтиши сабаб бўладидеи. Бу ҳодисани И. Е. Тамм ва И. М. Франк ўзларининг назарий текширишида тўлиқ изоҳлаб берган бўлиб (1937 й), бу текширишда электроннинг тезлиги ёруғликнинг шу моддадаги фазовий тезлигидан катта ҳолда ёруғланиш пайдо бўлиши кераклиги кўрсатилди.

Электрон v тезлик билан бирор модда, масалан, сув орқали ОЛ чизик бўйича (1.9- чизма) текис ҳаракат қилаётганида электрон моддонинг атомлари билан ўзаро таъсирлашади, натижада электрон энергиясининг бир қисми атомларга узатилади ва уларни ионлаши ёки уйғотиш мумкин. Лекин бу масалада бизни электрон энергиясининг бундай исрофлари қизиқтирмайди. Ҳаракатдаги электрон вужудга келтирган электр майдонини тафсил текшириш электрон энергияси сарфланишининг бошқа шакллари ҳам бор эканлигини кўрсатади. Юқорида айтилганлар И. Л. Мандельштам таклиф этган ҳолда яққол кўринади. Электрон моддадаги бўш каналнинг ўқи бўйлаб ҳаракат қилаётган ва ўз ҳаракатида модда атомлари билан бевосита тўқнашмайдиган бўлсин. Лекин каналнинг диаметри ёруғликнинг тўлқин узунлигидан анча кичик бўлса, у ҳолда барибир электрон ўз энергиясини цилиндрсимон каналнинг ўқини ўраб турган юз орқали Утаётган нурланиш кўринишида йўқотади. Агар масалани соддалаштириш учун биз муҳитни этарли даражада шаффоф деб ҳисобласак, нурланиш оқими бу муҳитдан бемалол чиқади. Нурлантираётган энергия ҳаракатдаги электроннинг энергиясидан олинади, албатта, натижада электроннинг ўз майдонида тормозланиши сабабли тезлиги камая бошлайди. Мана шу нурланиш Вавилов - Черенков нурланишининг нақ ўзи бўлади.

Ҳисоблашларнинг кўрсатишича, бу нурланиш ва у билан боғлиқ бўлган тормозланиш электроннинг v тезлик ёруғликнинг муҳитдаги фазовий c тезлигидан катта бўлганда пайдо бўлади ва электроннинг v тезликкамайиб шу тезликгача тенглашганча (яъни $v=c$ бўлганда) йўқолади. «ёруғлик тезлигидан катта» тезлик билан ҳаракат қилаётган электроннинг электр ва магнит майдонини ҳисоблаб чиқиб ва Пойнтинг векторини тузиб, электрон чиқаётган ёруғлик оқимини ҳисоблаб топиш мумкин. Бунда нурланишнинг фазода тор конуссимон қатлам ичида ўзига хос равишда тақсимланиши кузатилиб, конуснинг ясовчиси ҳаракат йўналиши билан θ бурчак ташкил қилади, бунда $\cos \theta = c/v$ бўлиб, $c=c_0/n$ – ёруғликнинг фазовий тезлиги; нурланиш қутбланган бўлиб, унинг электр вектори электроннинг ҳаракат йўналиши орқали ўтадиган текисликда ётади. Назариядан чиққан бу хулосаларнинг ҳаммаси Вавилов - Черенков ёруғланишини кузатиш натижалари билан ҳам сифат жиҳатдан, ҳам миқдор жиҳатдан мос келади.

Кўриб чиқиладиган нурланишнинг энг ўзига хос хислатини, яъни унинг бурчаклар бўйича тақсимотини ва $v > c_0/n = c$ шартга риоя қилиш кераклигини етарли даражада умумий мулоҳазалардан келтириб чиқариш мумкин. Синдириш кўрсаткичи n га тенг бўлган бир жинсли шаффоф моддадаги тор бўш каналнинг ўқи бўлмиш ОЛ чизиқ бўйича (1.9- чизма) v тезлик билан ҳаракат қилаётган электронни тасаввур қилайлик. ОЛ чизиқнинг ҳаракат қилаётган электрон кетма-кет эгалаётган ҳар бир нуқтаси ёруғлик чиқариш маркази бўлиб, бироқ ёруғлик $\tau = a/v$ катталиқ билан аниқланадиган кечикиш билан чиқади, бу ерда a - электроннинг кўриладиган икки вазияти орасидаги масофа. Бу кетма-кет вазиятлардан чиқаётган катта тўлқинлар ўзаро интерференцияланиш натижасида кучайиши учун улар ўртасида фазолар фарқи a нинг қийматида нолга тенг бўлиши керак. (1.9- чизмадан) бундай шарт электроннинг ҳаракат йўналиши билан θ бурчак ҳосил қилган йўналиши учун бажарилиши, θ бурчак эса қўйидаги шартдан аниқланиши кўринади:

$$\frac{a \cos \theta}{c} - \frac{a}{v} = 0$$

бундан

$$\cos \theta = \frac{c}{v}$$

Ҳақиқатан ҳам, О нуқтадан чиқаётган тўлқиннинг фронтли М А вазиятга $OM/c = \frac{a \cos \theta}{c}$ вақтда етади (бу ерда А- электроннинг янги вазияти); электрон эса А нуқтага $\tau = \frac{a}{v}$ вақтда боради. Агар бу вақт оралиғида тенг бўлса, яъни $\frac{a \cos \theta}{c} = \frac{a}{v}$ бўлса a - нинг қиймати ҳар қандай бўлганда ҳам О нуқта билан А нуқтадан чиққан тўлқинлар фазаси бир хил бўлади.

Шундай қилиб, максимал интенсивлик йўналиши конус ясовчиси билан унинг OL ўқи орасидаги θ бурчак билан аниқланиб, бу бурчак ўз навбатида $\cos \theta = c/v$ шартга риоя қилиши керак. Агар $v < c$, яъни электроннинг тезлиги ёруғликнинг фазовий тезлигидан кам бўлса, мос θ бурчак йўналиши мумкин бўлмайди. Аксинча $v > c$ бўлганда θ бурчак тўла назарий ва тажриба маълумотларига мос равишда электроннинг v тезлиги ва муҳитнинг n синдириш кўрсаткичига боғлиқ бўлган маълум қийматга эга бўлади.

Агар $\cos \theta = c/v$ шарт бажарилмаса, OL траекторияни шундай а кесмаларга бўлишимиз мумкинки, мос икки қўшни кесмадан, яъни бир-биридан а масофада турган нуқталардан чиқаётган тўлқинларнинг йўл фарқи га тенг бўлсин. Бошқача қилиб айтганда, қўйидаги шарт бажарилиши керак:

$$c \frac{a \cos \theta}{c} - c \frac{a}{v} = \pm \frac{1}{2} \lambda$$

бундан

$$a = \pm \frac{\lambda v}{2(v \cos \theta - c)}$$

Бу шарт бажарилганда қўшни кесмаларнинг мос нуқталаридан чиқаётган ёруғлик интерференция натижасида сўнади ва шу йўналиш бўйича нурланиш тарқалмайди.

Шундай қилиб, тўлқинларнинг ўзаро интерференцион натижасида нурланиш тарқалиши мумкин бўлган ягона йўналиш $\cos \theta = c/v$ шарт билан белгиланадиган йўналиш бўлиб, бу шарт ёруғлик тезлигидан катта тезлик билан ($v > c$) ҳаракат қилингандагина маънога эга булади. Албатта, реал тажрибада ёруғлик конуси чексиз юпқа бўлмайди, чунки учаётган электроннинг оқими чекли аперберага ва тезликлари маълум тарқоқликка эга бўлиб, n синдириш кўрсаткичи кўринувчи интервалдаги турли тўлқин узунликлар учун ҳар хил бўлади. Бунинг ҳаммаси $\cos \theta = c/v$ шарт билан аниқланган йўналиш атрофида озми-кўпми тор конуссимон қатламнинг пайдо бўлишига ёрдам беради.

Тўлқин ҳодисалари соҳасида Вавилов - Черенков нурланишига ўхшаш эффектлар жуда кўп. Масалан, агар кема турғун сув (кўл) юзида тўлқинларнинг сув юзи бўйича тарқалиш тезлигидан катта тезлик билан ҳаракатланса, кема бурни остида пайдо бўлган тўлқинлар кемадан орқага қолиб, ясси тўлқин конуси ташкил қилади ва бу конуснинг очилиш бурчаги кеманинг тезлиги билан сув юзидаги тўлқинлар тезлигининг нисбати боғлиқ бўлади. снаряд ёки самолёт товуш тезлигидан катта тезлик билан ҳаракат қилганда товуш нурланиши пайдо бўлиб, бу нурларнинг тарқалиш қонунлари «Мах конуси» деб аталадиган конуснинг пайдо бўлиши билан боғланган. Бу ҳодисалар аэродинамик тенгламаларнинг чизикли эмаслиги натижасида мураккаблашади. 1904 йилда заряд ёруғлик тезлигидан катта тезлик билан ҳаракат қилганда вужудга келиши зарур бўлган электродинамик (оптик) нурланишни ҳисоблаб топди. лекин Зоммерфельд ишларидан бир неча ойдан

сўнг нисбийлик назариясининг заряднинг ёруғлик тезлигидан катта тезлик билан ҳаракат қилиш масаласини маъносиз ва Зоммерфельднинг ҳисобларини қизиқарсиз қилиб қўйди. Вавилов - Черенков ёруғликнинг пайдо бўлиши каби физик имконият электроннинг муҳитдаги ёруғликнинг фазовий тезлигидан катта тезлик билан ҳаракатланишига боғлиқ бўлиб, нисбийлик назариясига ҳеч қандай хилофлик йўқ.

Шундай қилиб, Вавилов - Черенков нурланишининг ёруғликнинг биринчи бўлиб совет олимлари кашф қилган янги ва жуда қизиқ туридир.

Вавилов - Черенков нурланиши экспериментал ядро физикасида ва элементар зарралар физикасида қўлланилади. Ёруғликнинг жуда заиф бўлишига қарамай, ёруғликнинг қабул қилгичларнинг сезгирлиги ягона бир зарра вужудга келтирган нурланишни қайт қилиш учун етарлидир. Вавилов - Черенков нурланишига қараб зарранинг зарядини тезлигини берадиган асбоблар барпо қилинган. Вавилов - Черенков нурланишининг ядро реактори ишини контрол қилиб тузишга қўлланилиши муҳим амалий аҳамиятга эга.

1.2 Люминесценцион таҳлил.

Атомга электронлар тўқнашиш натижасида уйғониши мумкин, биз атомларнинг ёруғлик таъсирида уйғонишини кўриб, бу ҳолда кузатиладиган резонанс ёруғланиш фотолюминесценциянинг содда, лекин назарий жиҳатдан аниқ изоҳланадиган, аниқ шаклидир. Шунга ўхшаш ҳодиса молекулаларни ёритганда ҳам кузатилиб, молекулаларнинг энергетик сатҳлари системасининг жуда мураккаб бўлганлиги натижасида кузатилган нурланиш ҳам жуда мураккаб кўринишга эга бўлади.

Масалан, Вуд I_2 молекулаларнинг ташкил топган ёд буғларини симоб лампанинг монохроматик нурланиши билан ёритиб, тўлқин узунликлари тахминан 2 Å қадар фарқиладиган кўп айрим чизиқлардан, аниқроғи чизиқлар жуфтидан иборат мураккаб спектр чизиғини кўрган. Бу жуфтлар қоидага мувофиқ тўпламни ташкил қилиб, бу жуфтлар орасидаги масофалар тўлқин узунликларининг бир неча ўн ангстремга тенг фарқи тўғри келади. Шундай ҳосил қилинган структура паласали спектрга хос бўлган паласалар системасига жуда ўхшайди, бунда ҳар бир паласа иккита чизиқдан ташкил топади. Шуниси қизиқки, бошқа тўлқин узунликка эга бўлган монохроматик ёруғлик билан ёритганда юқорида айтилгандек мураккаб спектр ҳосил бўлади, лекин бу спектрнинг ҳамма тўлқин узунликлари бир оз ўзгарган эди. Агар монохроматик нурланиши билан эмас, балки спектрнинг кенгроқ (бир неча ўн ангстремча) соҳаси билан ёритилса, чиқариш спектри янада мураккаброқ бўлади.

Кузатилган фактларнинг бутун мураккаб тўплами паласали спектр назарияси нуктаи назаридан муҳокама қилинганда жуда равшан талқин этилди. Квант назарияси газ горелкаси алангасига киритилган буғларда ёруғланиш юзага келтириш бўйича жуда кўп тажрибани аниқ талқин этади. Бунзен горелкасининг рангсиз алангасига бирор металл буғларини киитамиз,

масалан, асбест парчасига хлорли стронсий эритмаси шимдириб, шундай пиликни горелка алангасига тутамиз. Аланга қизил рангда бўялади ва спектроскоп ёрдамида кузатиш стронсийнинг $\lambda = 689,2 \text{ nm}$ ли чизиғи мавжуд эканлигини кўрсатади. Бунда на хлорнинг чизиқлари, на стронсийнинг бошқа чизиқлари кўринмайди. Умуман айтганда, алангада баъзи металлнинг унча кўп бўлмаган чизиқларинигина уйғотиш мумкин. Бундай ҳолнинг сабабини металл атомига алангани ташкил қилган зарралар (атомлар, молекулалар, ионлар, электронлар) билан тўқнашиш натижасида узатиладиган энергия миқдоридан излаш керак. Ёд молекуласи мос равишда энергетик сатҳ системаси билан характерланади. Бундай сатҳларнинг бир қисмининг схемаси 1.1.1- чизмада кўрсатилган.

Чизманинг пастида группа молекуланинг биринчи электрон ҳолатига мос келади ва молекуланинг турли тебраниш ҳолатларига тўғри келадиган ҳамда $V=0, 1, 2, \dots$ рақамлар билан белгиланган сатҳлар қаторидан иборат бўлади; шундай сатҳларнинг ҳар бири ёнида турли айланма ҳолатларга тўғри келадиган бир неча сатҳлар кўрсатилган. Сатҳларнинг юқоридаги группаси электрон конфигурацияси ўзгарган молекулага тааллуқли.

Айрим сатҳларнинг сони шунчалик кўпки, пастки группадаги сатҳларнинг биридан юқори группасидаги сатҳларга ўтиш процесслари турли-туман бўлиши мумкин. Бу эса ёднинг молекуласи турли ёруғлик квантларини, яъни турли частотали монохроматик ёруғликни ютиши мумкинлигини билдиради; бошқа сўз билан айтганда, бундай молекулаларнинг абсорбция спектрлар жуда кўп бўлади.

Бундай абсорбциянинг икки 1.1 чизмада пастдан юқорига стрелкалар сифатида кўрсатилган. Стрелкаларнинг узунлиги ютилган квантнинг $h\nu$ энергиясини ифодалайди. Шу усулда уйғотилган молекулалар пастки ҳолатдан бирига мос квантлар чиқариб, ўша ҳолатга қайтиши мумкин (чизмада бу ҳол юқоридан пастга қараб йўналган стрелкалар билан кўрсатилган) . ҳар бир молекулада кўрсатилган ўтишлардан бири юз беради; ёритилган буғларнинг яхлит булути шундай ўтишларнинг тўпламини беради, яъни чизиқларнинг бутун бир системасини нурлантиради. Бир- бирига яқин турган чизиқларнинг ҳар бир жуфти қандайдир иккита иккита айланма ҳолатга ўтишга мос бўлади. Айрим жуфтлар турли тебранма ҳолатларга ўтишларга мос бўлади. ҳар бир паласа фақат икки айланма ҳолатга ўтишларнинг мос чизикдан ташкил бўлиши; яъни хаёлга келган барча ўтишларнинг амалга ошмаслиги квант қонунларидан келиб чиққан ва мураккаб атом ҳамда молекулаларнинг нурланиш процессларида доимо бажариладиган танлаш қоидалари ёрдамида изоҳланади. Монохроматик ёруғлик томонидан уйғотилган молекулалар биринчи шда серхашам бўлиб кўринган спектри аниқ талқин этилди ва молекуляр сатҳларнинг схемасини тузишда қўлланилиши мумкин. Ҳозирги вақтда молекулаларнинг флуоресценция упчилик икки атомли молекулалар учун ўрганилган ва молекуляр спектрларнинг умумий назариясига мослаштирилган . бу спектрлар жуда мураккаб бўлиб, уларни тушунтириш жуда қийин бўлади.

Яккаланган атомларнинг, масалан, сийраклаштирилган бир атомли газнинг ёки металл буғлари (Hg, Na) атомларининг нурланиши жуда соддадир. Бундай атомларнинг таркибига кирган электронлар атомининг ичидаги кучлар таъсирида бўлиб, узоқга жойлашган атрофдаги атомларнинг ғалаёнловчи таъсирини сезмайди. Бундай газларнинг спектрлари турли тўлқин узунликларига мос келадиган турли интенсивликка эга бўлган дискрет спектрал чизиқлар каторидан иборат бўлади. Кўп атомли молекулалардан таркиб топган газларни текширганда спектрнинг анча мураккаб эканлигини кўриш мумкин. Масалан, водород (H_2) нинг спектрига бир- биридан анча узоқда алоҳида жойлашган чизиқлардан ташқари, зич жойлашган жуда кизиклар (водороднинг кўп чизиқли ёки паласали деб аталадиган спектри) бўлади.

Текшириш паласали спектр водород молекулаларини характерлайди, дискрет чизиқлардан таркиб топган олдинги спектр водороднинг атомларига тегишли бўлиб, атомлар заряд трубкасида заряд таъсирида газ молекулаларининг диссасиацияси натижасида пайдо бўлади. турли атомларнинг спектрлари бир- биридан ҳаддан ташқари кўп фарқилади, масалан, темир спектрида бир нечанинг чизиқ бўлади. шунга қарамай, атомларнинг бундай чизиқлари га бой спектрларини молекулаларининг кўп чизиқлари маълум усулда гуруҳлардан паласали спектрларидан осон ажрата олиш мумкин.

Тўғри атомларнинг чизиқ- чизиқ спектрлари ҳам чизиқларнинг тартибсиз тўплами эмас. Чизиқ - чизиқ спектрларини диққат билан ўрганиш чизиқларнинг жойлашишидан маълум қонуниятлар бор эканлиги аниқлаш имконини беради. Лекин 20 асрнинг бошида келибгина бу қонуниятлардаги физик маънони англаш ва ундан сўнг атомнинг тузилиш хусусиятларига асосланиб (Бор, 1913 й) изоҳлаб беришга мувофиқ бўлинди. Шундай қилиб, атомнинг назариясини тузиш спектрал қонуниятларини изоҳлаб бериш билан баробар борди. Спектроскопик текширишлар натижасида олинган хилма-хил ва аниқ маълумотлар назарий текширишларни йўлга солиб турган ҳамда назариянинг хулосаларини текшириб кўришга имкон берган муҳим маълумотдир. Шу билан бирга, назарий хулосалар ҳодисаларнинг кўп янги тарафларини айтиб бериш ва экспериментал текширишларни тўғри йўлга солиб тузишга имкон берди.

Газларнинг чизиқ- чизиқ спектрларини турли усуллар билан ҳосил қилиш мумкин. Бундай спектр газда бўладиган турли хил электр зарядларида (Гейслер спектр трубкаси, учқун,ёй заряди), газ атомлари қиздирилган катоддан чиқаётган электронлар билан бомбордимон қилганда (бу ҳодисани ҳам электр зарядининг бир тури деб ҳисобласа бўлади), буғ ва газларни горелка алангасида қиздирганда , буғларни мос тўлқин узунликка эга бўлган ёруғлик билан ёритилганда ва ҳаракатларда пайдо бўлади. бу ҳолларнинг ҳаммасида тўлқин узунликлари ўрганилаётган газ учун хос бўлган спектрал чизиқлар ҳосил бўлади. лекин спектр ҳосил қилиш усулига қараб турли чизиқларнинг нисбий интенсивлигилари бир-биридан кўп фарқ қилади, натижада спектр ҳосил қилишнинг бирор усулини қўллаганда баъзи

чизиклар улмаслиги мумкин. Баъзан бутун чизик- чизик спектрларидан ягона бир чизик кўринадиган қилиш мумкин бўлади. шундай қилиб, тайинли бир газ спектрининг ташқи кўриниши спектр ҳосил қилиш шароитига боғлиқ бўлади; лекин шароитларни ўзгартириб ҳар бир модда учун хос бўлган чизикларгина пайдо қилишимиз ёки йўқотишимиз мумкин эканлиги, бундай чизиклар тўплами бу моддага хос бўлган чизик- чизик спектрни ташкил қилишни ёддан чиқармаслик керак.

Лекин ҳар бир шундай спектрал чизик тўлқин узунлиги қаътий белгиланган нурланиш бўлмай, балки тор спектрал соҳадаги нурланиш бўлиб, бу соҳада энергия шундай тақсимланадики, интенсивлик марказдан четга қараб тез камайиб боради. Спектрал чизикнинг кенглигини ўлчаш бир неча марта кўрсатиб ўтилгандек, монохраматик нурланиш идеал тушунча бўлиб, ҳақиқий ҳолларда нурланиш катта вақт-тўлқин узунликларининг бирор интервалиги мос келади. Тўғри, махсус қулай шароитда сийрак газларнинг нурланиши бу идеал ҳолда анча яқин келиши мумкин; масалан, нурланишда жуда кичик, яъни ангстремнинг мингдан бир улушларининг бир нечасидан катта бўлмаган интервалда жойлашган ва ўлчаш бўладиган интенсивликли тўлқин узунликлар иштирок этувчи спектрал « чизиклар» кузатилади. Оптик квант генераторлар нурланиш янада монохраматик бўлиши мумкин, лекин бу ерда катта энергия чекли, аммо жуда кичик спектрал интервалда йиғилган. Кўпчилик ҳолларда эса атомларнинг нурланиши монохраматик нурланишдан жуда кўп фарқ қилади ва тўлқин узунликлари бир-биридан ангстремнинг юздан бир ва ҳатто ўндан бир улушларининг бир нечасидан фаркланувчи нурланишлар тўпламидан иборат бўлади. Буғнинг босими ортганда нурланиш чизиклари тобора кўпроқ кенгаяди ва аста- секин нурланиш ҳатто таркибий монохраматик характери йўқотиб, чўғланган қаттиқ жисмлар нурланишига ўхшаш туташ спектрли нурланишга айланади.

Спектрал чизикларнинг, яъни амалда яккаланган атомларнинг нурланишининг монохраматиклик даражасини характерлаш учун нурланиш интенсивлигининг частоталар бўйича тақсимланишини ажрата олиш қобилияти юқори бўлган асбоблар, масалан, Майкельсон ёки Фабри- Перо интерферометри ёрдамида текшириш керак. Бундай текшириш натижасини тўлқин узунликлар абсцисалар ўқиға, мос интенсивликлар ординаталар ўқиға қўйилган. Албатта ҳосил бўлган чизикларнинг пастки қисмлари ҳақиқатда унча тўғри келмайди ва идеал шароитда чизиклар нолға асимпротик равишда яқинлашар эди, деб тахмин қилиш мумкин.

Атомда электрон тебранишлари сўнишининг ҳар қандай сабаби, албатта, спектрал чизик энининг қандай бўлишиға таъсир қилади, чунки сўниш туфайли тебраниш синусоидал бўлмай қолади, ва тегишли нурланиш монохраматикликдан бирмунча фарқ қилади. Шунинг учун нурланиш туфайли сўниш ҳам, тўқнашиш туфайли сўниш ҳам қанча катта бўлса , спектрал чизик шунча кўп кенгаяди. Нурланиш туфайли сўниш энг қулай шароитдаги атомни, яъни ҳар қандай ташқи агентлар таъсиридан деярли холос бўлган атомни характерлаши керак. Шунинг учун спектрал чизикнинг шу сабаб туфайли ҳосил бўлган эни спектрал чизикнинг табиий ёки

радиацион эни дейилади. Унинг катталигини атом нурланишининг моҳияти белгилайди, сийраклаштирилган газнинг нурланишида бу соҳанинг кенглиги ангстремнинг юздан бир ва ҳатто мингдан бир қисми тенг эканлигини кўрсатади. Бироқ спектр ҳосил қилиш шароитлари спектрал чизик кенглигининг қийматига ҳам, марказининг (максимумнинг) вазиятига ҳам сезиларли таъсир қилиши мумкин. Ташқи электр (ёки магнит) майдони спектрал чизикни кенгайтиши (ёки ҳатто ажралиши) газдаги заряд вақтида заряддаги ионларнинг концентрацияси ортиши натижасида пайдо бўлиши ва анча катта қийматга эга бўлиши мумкин; нурланаётган атомнинг нурланиш процессида қўшни атомлар билан тўқнашиши ҳам чизикнинг кенгайтишига олиб келди; атомларнинг иссиқлик ҳаракати Допплер эффекти туфайли спектрал чизикни кенгайтиради. Махсус шароитларда, масалан кучли ионизация юз берадиган кучли зарядларда ёки газнинг зичлиги катта бўлганда спектрал чизиклар кўп кенгайтиши мумкин. Лекин одатда юқорида айтиб ўтилган барча сабабларнинг таъсири унчалик катта бўлмайди ва газнинг нурланиши газни ташкил қилган атомлар учун хос бўлган спектрга эга бўлади.

Бизнинг оптик ҳодисалар ҳақидаги маълумотларимизнинг жами ва даставвал Зелман эффекти ёруғликнинг нурланишида атом таркибига кирган электронлар катнашадиган процесслар сабабчи эканлигидан далолат беради.

Яккаланган атом чиқараётган чизик- чизик спектрларини изоҳлаш учун нурланувчи атомдаги электрон (тахминан) гармоник тебранишлар қарийиб монохраматик бўлган нурланишга сабаб бўлади. шунинг учун атом спектрларининг кўринишига қараб атомнинг шундай тузилишини тахмин қилиш мумкинки, бунда атом таркибида электронлар гармоник тебранма ҳаракат қилади, яъни мувозанат ҳолати атрофида $f = -kx$ кўринишдаги квазиэластик куч ёрдамида тутиб турилади, бу ерда k -доимий, x эса электроннинг мувозанат ҳолатидан четлашиши кўрсатилади.

Нуктавий электр зарядларнинг ўзаро таъсирлашиши қонунига (Кулон қонунига) асосланиб, атомнинг юқорида айтилган талабларга жавоб берадиган моделини тасаввур қилиш мумкин эди. И. И. Томсон (1903 й) таклиф қилган моделига кўра, атом мусбат электр заряди билан текис тўлдирилган сфера бўлиб, бу сферанинг ичида электрон жойлашган бўлади. Агар электроннинг заряди сферанинг мусбат зарядига тенг бўлса, бундай атом нейтрал бўлади, электрон силжиганда унга қиладиган куч квазиэластик куч қонунига бўйсунди.

Атомларнинг нурланиши ютиш спектридаги серия қонуниятларини изоҳлаш учун қилинган нурланишлар, шунингдек, иссиқлик нурланиши фотоэффект ва қатор бошқа ҳодисаларни текшириш натижаларини анализ қилиш микросистемаларнинг, яъни атом, молекула ва ҳакозоларнинг характериини бошқарувчи қонунлар ҳақидаги тасаввурларни тубдан қайта кўриб чиқишга олиб келади ва бутун физика учун жуда катта аҳамиятга эга бўлади. Шу ҳисобдан квант назариясининг барпо бўлиши процесси жуда қизиқарли бўлиб, кейинги параграфларда спектроскопияда квантлар ғоясининг ривожланишидаги асосий босқичлар кўрибўтилди. Лекин

Томсон модели спектрал қонуниятларини изохлашга бутунлай яроқсиз бўлиб чиқди. Унинг устига, Томсоннинг мусбат ва манфий зарядларнинг атомдаги тақсимотига оид мулоҳазалари ҳеч қандай бевосита тажрибага асосланмаган. Шунинг учун атом ичидаги соҳада зарядларнинг тақсимотини аниқлаш мақсадида атомнинг ички соҳаларини тажриба йўли билан бевосита синаб кўришни илгари ташлаган муҳим қадам деб ҳисобласак бўлади.

Бунда дастлаб Ленорд (1903 й) уриниб кўрган; у тез электронларнинг моддий жисмлар орқали ўтишини ўрганган ва атомли ҳажм бўйича текис тақсимланган зарядли моддадан ташкил топган деб эмас, балки тўрсимон тузилишга эга деб тасаввур қилиш керак, деган хулосага келди. Кейинроқ (1913 й) Резерфорд ҳам атомнинг «ичкарисини» қудратлироқ воситалар билан ўрганиб юқорида айтиб ўтилгандек хулосаларга келди, лекин бу хулосалар асосланган ва микдорий жиҳатдан аниқланган хулосалар эди.

Резерфорд атомни синаб кўриш учун зонд сифатида α - зарралардан фойдаланди; α - зарралар мураккаб атомларнинг реактив парчаланиши натижасида чиқадиган атом оғирлиги тўртта ва икки карра элементар зарядга эга бўлган тез учаётган гелий ионларидир. α - зарралар катта тезлик (ёруғлик тезлигининг $1/15$ қисмига тенг тезлик) билан учаётган қиёсан оғир (уларнинг атом оғирлиги тўртта тенг, яъни массаси $6,65 \cdot 10^{-24}$ г) зарралар бўлгани учун айрим α - зарраларнинг кинетик энергияси жуда катта бўлади. бу ҳол тажрибада алоҳида α - зарраларни бевосита кузатишга имкон беради. Ҳақиқатан ҳам, шундай кузатишларнинг бир неча усули бор. Улардан энг соддаси цинтилляциялар методи бўлиб, бу метод α - зарраларнинг фосфорессенцияловчи экранга урилганда лупа ёрдамида кузатиш учун этарли даражада ёрқин бўлган чакнаш пайдо қилиш хусусиятига асосланган. Вильсон камерасида α - зарранинг йўлини тор туман дастаси сифатида бевосита кузатиш мумкин.

Резерфорд алоҳида α - зарраларнинг кузатиш имкониятидан фойдаланиб (цинтилляциялар) методидан фойдаланиб, α - зарралар бирор модда қатламидан ўтганда уларнинг учуш йўналиши қандай ўзгаришини (α - зарраларнинг сочилишини) текширди.

α - зарралар модда орқали ўтаётганда унинг атом таркибидаги зарядлар билан ўзаро таъсирлашиши натижасида учуш йўналиши ўзгаради. Бунда α - зарра электрон билан тўқнашганда унинг траекторияси кўп ўзгармаслиги керак, чунки α - зарранинг массаси электроннинг массасидан тахминан 7000 марта катта; α - зарра билан тўқнашган электрон унинг йўлини сезирарли ўзгартирмай, ўзи анча масофага силжийди. Аксинча, атомнинг мусбат зарядланган қисми билан тўқнашганда α - зарраларнинг ҳаракат йўналиши кўп ўзгариши мумкин.

Резерфорд тажрибаларидан α - зарраларнинг кичик бурчакларга оғишидан ташқари, улар траекториясининг бирдан бурилишига, хусусий ҳолда эса ҳатто орқага буриб юборишига олиб келадиган тўқнашишлар кам эмас эканлиги кўринади. Резерфорд ва унинг ҳамкорлари, биринчи навбатда Чедвик α - зарраларнинг сочилиш қонунларини пухта ва аниқ текшириб,

атомнинг мусбат заряди унинг ядро деб аталган жуда кичик қисмига жойлашган бўлиб, ядронинг ўлчамлари 10^{-12} см дан катта эмас деган хулосага келди.

Шундай қилиб, Томсон моделидан (мусбат сфера атомнинг ўлчамларига тенг) фойдаланиш мумкин эмаслиги ва Z электронга эга бўлган атомни марказида заряди Ze га тенг мусбат зарядланган ядро, ядронинг атрофида атомнинг ҳажми бўйича тақсимланган электронлар жойлашган система (зарядлар системаси) сифатида тасаввур Қилиш кераклиги исбот қилинди. Яхшиси атомнинг ўлчамлари унинг таркибига кирган электронлар жойлашган соҳанинг ўлчамларига тенг деб ҳисоблаш маълум бўлади. агар зарядлар кўзгалмас ўлса, бундай зарядлар системаси турғун мувозанатда бўлиши мумкин эмас (электростатиканинг умумий қонидаси). Шунинг учун электронлар марказий ядро атрофида куёш системасидаги планеталар каби берк траекториялар бўйича ҳаракат қилади деб тахмин қилиш мумкин.

Шундай қилиб, Резерфорднинг атомнинг ядро модели барпо бўлиб, ҳозирги замон тасаввурлари нуқтаи назаридан зарядларнинг на жойлашиши, на траекториялари тўғрисида аниқ бир нарса дея олмасак ҳам, бу модел ҳозиргача ўз аҳамиятини йўқотгани йўқ.

Резерфорд таклиф қилган модел α - зарраларнинг сочилишига доир тажрибалардан олинган мустаҳкам экспериментал маълумотларга асосланган бўлиб, бу тажрибаларни изоҳлаб бериш зарурлиги аён бўлса керак. Бироқ , бу модел спектрал қонуниятларни изоҳлаб бера олмаганлигидан ташқари, бундай моделдаги процесслар механика ва электродинамиканинг классик қонунларига асосан таърифланганда атомнинг монохроматик нурланиш чиқаришини ҳам изоҳлаб бера олмайди.

Ҳақиқатан ҳам, электронларнинг айланалар ёки умуман эгри чизикли орбиталар бўйича қилинган ҳаракати тезланувчан ҳаракат бўлади ва электродинамика қонунларига мувофиқ, бундай ҳаракат бўлаётганида мос частотали ёруғлик нурланиши керак. Электрон айлана бўйича қилинган хусусий ҳолда нурланиш частотаси айланиш частотасига тенг бўлади; мураккаброқ даврий ҳаракатларида нурланишни Фурзе теоремасига мувофиқ монохроматик компоненталар катори орқали ифодалаш мумкин. Лекин бундай, масалан, айлана бўйича бўладиган ҳаракатда нурланиш ҳисобида атом системасининг энергияси камаяди ва шу билан бирга электронларнинг ядро марказигача бўлган масофани, демак айланиш даври ҳам камаяди. Шундай қилиб, айланиш частотаси, демак нурланиш частотаси узлуксиз ортади атом узлуксиз спектр нурлантиради; шу вақтнинг ўзида электрон ядрога яқинлашади ва секунднинг жуда кам қисми давомида ядрога қулайди, натижада атом системаси сифатида йўқолади.

Демак, классик электродинамика қонунларига биноан, Резерфорд атоми турғун бўлмаслиги ва мавжуд бўлган вақтда давомида узлуксиз спектр нурланиши керак. Бу иккала хулоса ҳам тажрибага ҳилофдир.

Юқорида айтилгандек бу нчиликни енгиш йўлини Бор кўрсатиб берди; бор атомга классик электродинамиканинг қонунларини қўллашдан воз кечган. Бор Планкнинг квантлар назарияси ғояларига асосланиб, Резерфорд

моделини шу янги тасаввурлар нуқтаи назаридан талқин этишга уриниб кўрди. Лекин Планк назарияси классик электродинамикани элементар оссилляторга қўллаш мумкин эмаслигини исбот қилиш билан бирга, ҳали унинг ўрнига яхши ишлаб чиқилган квантлар назариясини таклиф қилган эмас эди. Шунинг учун Бор ҳам Резерфорд атомидаги мураккаб масаланинг янги физика қонунларидан изчиллик билан фойдаланилганда келиб чиқадиган яримини бера олмади. Бор янги назария руҳида баъзи фикрларни постулаталар сифатида ифодалашга мажбур бўлиб, бу постулаталардан фойдаланиш йўлини бир оз рационал асослаб бера олмади. Лекин мукаммал эмаслигини олдиндан маълум бўлган мана шу йўлда шунчалик ажойиб натижаларга эришдики, оқибатда Борнинг ғояси тўғри эканлиги равшан бўлиб қолди. Квантлар назариясининг келгуси ривожланиши натижасида квантлар механикаси ва квантлар электродинамикаси ишлаб чиқилиб, улар ёрдамида Бор постулатлари шу назарияларнинг оқибатида келтириб чиқарилди.

Бор Резерфорд атомиҳолида классик электродинамика талаб қилаётган узлуксизнурланиш бўлмайди деб тахмин қилиб, Планкнинг ғояларини умумлаштирди. Бундай атомнинг чизиқ- чизиқ спектрларини изоҳлаш учун атом системаси нурларини макроскопик тасаввурлар бўйича чиқармайди деб, шунинг учун бу тасаввурлар ёрдамида нурланиш частотасини аниқлаш мумкин эмас деб тахмин қилиш керак. Бор нурланиш частотасига эга бўлиб, уни частотага тегишли қўйидаги шарт орқали ифодалаш мумкин, деб тахмин қилган.:

$$h\nu = E_m - E_n$$

бу ерда E_m ва E_n системанинг нурланишидан олдинги ва кейинги энергиялари. Шундай қилиб, нурланишнинг частотаси атом системасидаги ҳаракатларнинг ҳеч бир частотаси билан боғланмаган.

Бу қонунга асосланиб, спектрлар нурланишининг классикназариясида қабул қилинганча атомдаги зарраларнинг ҳаракат манзарасини кўрсатмай, балки атомларда бўладиган турли процесслардаги энергиянинг ўзгариши тўғрисида маълумот керак экан, деган хулоса чиқариш мумкин. Шу нуқтаи назардан спектрал чизиқларнинг дискрет характерга эга бўлиши энергиянинг атомнинг махсус ҳолатларига мос бўлган маълум дискрет кийматлари бор эканлигини билдиради. Бу ҳолатларни стационар ҳолатлар деб айтиш тўғри бўлади, чунки атом ҳар бир шундай ҳолатда маълум вақт давомида бўлиб, шу ҳолатдан чиққанда бошқа стационар ҳолатга ўтади ва ўз энергиясини чекли миқдорда ўзгартиради.

Хулоса.

Биринчи бобга доир қўйидаги хулосаларни қилишим мумкин.

1. Моддаларнинг хусусий нурланишлари атом ва молекулаларнинг энергетик сатҳлардаги оптик ўтишлар натижасида ҳосил бўлганлиги учун модданинг таркиби ҳақида муҳим маълумотларга эгадир.

2. Моддаларни люминесценция нурланишлари бўйича таҳлил усуллари турли хил бўлиб, уйғотиш ва қайд қилиши жиҳатлари бўйича умумлаштириши мумкин.

II боб. Люминесценцион нурланишдан халқ хўжалиги ва саноатда фойдаланиш.

2.1. Кўринмас радиацияларни аниқлашда люминесценциядан фойдаланиш.

Люминесцент таҳлилнинг муҳим бўлими кўзга кўринмас нурланишларни аниқлашдир. Кўринмас нурланишларга инфрақизил, ультрабинафша, рентген, ҳамда ядровий реакцияларда ва радиоактив емирилишда ҳосил бўладиган радиациялар мисол бўлади.

Инфрақизил нурларни қайд қилиш. Маълумки кристаллофосфорларнинг давомий шулаланиши локал сатҳлардан уйғонган электронларнинг иссиқлик таъсирида озод бўлишидир. Шунингдек уйғонган кристаллофосфорларни инфрақизил нурлар билан ёритилганда ҳам электронлар озод бўлади ва шулаланиши тезлашади. Бунда икки ҳол мумкиндир. Биринчи ҳолда озод электронлар нурланишли ўтишлар содир қилади, бунда ўз навбатида люминесценция кузатилади. Иккинчи ҳолда электронлар нурланишсиз уйғонмаган ҳолатга қайтади люминесценцияда сўниш ҳосил қилади. Сўнишни радиация йўналтирилган кристаллофосфор сиртида кузатиладиган қоронғи жойларда кўрамыз. Бу икки ҳодиса инфрақизил нурларни қайд қилишда қўлланилиши мумкин.

Локаллашиш сатҳлари чуқур бўлган кристаллофосфорлар учун оптик чакнашлар яққол кузатилади. Бу намуналарда хона температурасида электронлар ўз ҳолича озод бўла олмайди. Уйғотилган бундай фосфорлар одатдаги шароитда люминесценцияловчи бўлмай, инфрақизил нурлар билан ёритилганда фосфорлар равшан чакнайди ва уларга чакновчи фосфорлар деб ном берилган. Бундай хоссаларга икки ёки кўп сонли нодир ер активаторли ишқорий ер кристаллофосфорлар (CaS , SrS ва бошқалар) эга. Масалан Ce ва Sm яшил шулаланади, Er ва Sm зарғалдоқ шулаланади. Чакновчи фосфорлар $\lambda = 1,7 \mu$ тўлқин узунлигигача инфрақизил радиацияни аниқлаши мумкин. Инфрақизил ёритишда люминесценцияни сўнишига олиб келувчи кристаллофосфорларга сўндирувчи фосфорлар дейилади. Бундай хоссаларга мис ва кобальт ($\text{ZnS} \cdot \text{Cu} \cdot \text{Co}$) элементлари ёрдамида фаоллаштирилган рухсулфидли кристаллофосфорлар эга.

Инфрақизил нурларни аниқлаш электрон-оптик алмаштиргичлар орқали амалга оширилади. Унга инфрақизил нурларга сезгир люминесцент экран

зарур бўлади. Инфрақизил радиация таъсири натижасида люминесцент экранда текширилаётган намунанинг тасвири ҳосил бўлади.

Ультрабинафша нурларни қайд қилиш. Ультрабинафша нурлар кўпчилик люминесценцияланувчи моддаларни уйғотади. Ультрабинафша радиацияни сифатий кузатишда кўпинча уранилли шиша ишлатилади. Ультрабинафша нурларнинг таъсирида уранил шишада интенсив яшил люминесценция ҳосил бўлади. Ультрабинафша спектрнинг қисқа тўлқин узунликлар соҳасида шишада кучли ютилиш содир бўлади, ўз навбатида $\lambda < 300 \text{ нм}$ соҳада интенсивлик камаяди. Спектрнинг ультрабинафша соҳасида уранилли шиша жуда нотекис ютилиш чизиғига эга бўлганлиги учун миқдорий ўлчашларда кераксиз бўлади. Церийли кварц (Ce) 380-250 нм тўлқин узунликлардаги уйғотилганда интенсив яшил шулуланади ва берилган спектрал диапазонда етарлича текис ютилиш чизиғига эга. Спектрнинг вакуумий ультрабинафша ($\lambda < 180 \text{ нм}$) соҳасида қайд қилиш учун одатдаги фотоматериаллар желатин қатламида радиация кучли ютилиши натижасида кераксиз бўлиб қолади. Буни олдини олиш учун фотоэмулсия сиртини техник мой билан қопланади ва фотопластинкада қора доғлар ҳосил бўлади.

Рентген нурларини қайд қилиш. Рентген радиацияси кўпчилик кристаллофосфор, шишалар, олмослар ва бошқа ноорганик бирикмаларда люминесценцияни содир қилади. Атомлар ёки молекулалар қобиг'ларидан рентген нурлари таъсирида узилиб чиққан тез электронлар ёрдамида нурланиш уйғотилади. Рентген радиацияси визуал (рентгеноскопия) ёки фотографик (рентгенография) қайд қилинади. Рентгеноскопия учун кристаллофосфор кукуни шаффов клей ёрдамида картон ёки пластмасса асосга ёпиштирилиб юпқа қатламли (0,2-0,4мм) люминесцент экран тайёрланади. Экраннинг инерциясиз бўлиши ҳаракатланувчи объекларнинг (масалан пулсацияланаётган юрак) чегараларини аниқ фарқлаш имконини беради. Рентген экранлари рентгеноскопияда қўлланилиб сариқ-яшил ёки яшил шулаланади. Материал сифатида олтингугурт рух (ZnS) ёки қўшма асосли фосфорлар ZnS·CdS олиниб, уларда активатор сифатида кумуш (Ag) олинади.

Элементар зарралар ва γ-нурларни қайд қилиш. Люминесценция ёрдамида протонлар, дейтронлар, электронлар, нейтронлар, позитронлар, мезонлар, α-зарралар ва γ-нурларни қайд қилиш мумкин. Ноорганик ва органик люминесцент моддалардан ўтганда зарралар кўп сондаги шулаланиш марказларини уйғотади. Бу марказларнинг нурланишлари сцинтилляция деб аталувчи люминесценциянинг чакнашига олиб келади. Масалан бирта α-зарра $\sim 10^6$ миқдорда ёришиш марказларини уйғонишига сабаб бўлиши мумкин. Бундай хоссага эга люминесцент моддаларга сцинтилляторлар дейилади. Ўлчашлар сцинтилляцион сўтчиклар ёрдамида қайд қилинади. сцинтилляцион сўтчиклар сцинтиллятор ва фотоқўпайтиргичлардан иборат бўлиб алоҳида ёруғлик импульсларини қайд қилади. Нейтронларни қайд қилишда сцинтиллятор атом ядросидан узиладиган иккиламчи протонлар ёки α-зарралар ёрдамида уйғотиш амалга ошади.

Сцинтиллятор сифатида баъзи кристаллофосфорлар, органик монокристаллар, органик моддаларнинг эритмалари ва пластмассаларнинг махсус сортлари ишлатилади. Кенг тарқалган ноорганик сцинтилляторлар мис ($\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$, $\lambda = 520 \text{ нм}$) ва кумуш ($\text{ZnS} \cdot \text{Ag}$, $\lambda = 450 \text{ нм}$) билан фаоллаштирилган, рух-сульфид кристаллофосфорлар ҳисобланади. α -зарралар ва бошқа кучли ионловчи зарралар билан уйғотишда улар нурланишининг энергетик чиқиши 25 фоизга етади. Бундай кукунсимон сцинтилляторлар катта сочилиши сабабли γ -нурларни қайд қилишда самарасиздир.

Секин нейтронларни қайд қилишда $\text{ZnS} \cdot \text{Ag}$ ва B_2O_3 аралашмаси олинади. Нейтронлар бор томонидан тутиб қолиниб α -зарралар ажралади ва улар $\text{ZnS} \cdot \text{Ag}$ нурланишига сабаб бўладилар. Тез нейтронлар оқимини ўлчашда ZnS билан полистрол аралашмаси яхши натижа беради. γ -нурларни қайд қилишда шаффоф Tl билан фаоллаштирилган ишқорий галоидли монокристаллар (NaI , KI , LiI , CsI) ишлатилади. Протонлар ва дейтронларни қайд қилишда $\text{NaI} \cdot \text{Tl}$ монокристаллари қўлланилади.

γ -нурларнинг дозиметрик ўлчашни баъзи кристалларнинг (масалан LiF) термолюминесценцияси равшанлигини кузатиш билан бажариш мумкин. Равшанлик ютилган γ -нурларнинг миқдорига пропорционалдир. Бундай усул тиббиёт амалиётида саратон касаллиги билан оғриган одамнинг ички ёритилганлик интенсивлигини аниқлаш имконини беради. Касалнинг даволаниши радиоактив изотоплар ёрдамида қилинади. $\text{SrS} \cdot \text{Eu} \cdot \text{Sm}$ фосфори дастлаб γ -нурлар билан уйғотилади ва инфрақизил нурлар билан ёритилади. Чакнашларнинг равшанлиги γ -нурланишнинг дозасини баҳолашга имкон беради. Бу усулда γ -нурланиш интенсивлигини 0,005-1000 рентген етарлича кенг чегараларда ўлчаш бажарилади. Шунга ўхшаш методикалар β -нурланиш ва секин нейтронлар оқими интенсивлигини аниқлашга имкон беради.

Сцинтиллятор сифатида концентрацияси 5г/л бўлган баъзи органик моддалар эритмалари олинishi мумкин (паратерфенил, 2,5-дифенилоксазола, фенил- α -нафтиламин). Эритувчи сифатида ксилол, фенилциклогексан, толуол, бензол олинishi мумкин. Агар эритмага яна бир органик бирикма киритилса люминесценция спектрини узун тўлқин узунликлар соҳасига силжитади ва аралашмага спектрни силжитувчилар деб номланади. Ядровий нурланишларни қайд қилишда пластмассали сцинтилляторлар ишлатилади.

БИОЛОГИЯ ВА ТИББИЁТДА ЛЮМИНЕСЦЕНТ ТАҲЛИЛДАН ФОЙДАЛАНИШ.

Кимиёвий люминесцент таҳлил витаминлар, гормонлар, пигментлар ва бошқа биологик муҳим моддаларни аниқлашда кенг қўлланилади. Шу сингари люминесцент таҳлил усуллари биология ва тиббиётда тарқалмоқда.

Люминесцент микроскопия. Ҳозирги кунда люминесцентно-микроскопик изланишлар муҳим аҳамият касб этмоқда. Тадқиқотлар ёки текширилаётган объектнинг, ёки олтиндан бўялган намуналарнинг ҳусусий нурланиши таҳлил қилинади текширилади. Бу мақсадларда ишлатиладиган

бўёқларга флуорохромлар дейилади. Флуорохромлар сифатида ксантен, тиазин, хиолин ва акридин бўёқлари ҳамда люминесценциялановчи пигментлар (хлорофилл, порфирин) ва бошқа органик моддалар олинади.

A, B₂, B₆ витаминларни ва никотин кислотасини люминесцентно-микроскопик текширишда хусусий нурланиш ишлатилади. Бу моддаларнинг турли органларда ва алоҳида хужайраларда тутилиши ҳамда организмнинг иш фаолиятида уларнинг алмашилишларини ўрганилади. Флуорохромлаш люминесцент микроскопиянинг имкониятини жуда кенгайтди. Тасвирнинг яхшиланиши ва объект люминесцент хоссага эга бўлмаса ҳам унинг кичик деталларини ўрганиш мумкин бўлди. Баъзи бўёқлар тўқималар, хужайралар билан турлича адсорбцияланади ва уйғотувчи нурлар билан ёритилганда рангбаранг тасвир ҳосил бўлади.

Хужайраларни аурофосфин билан бўялганда протоплазма тўқ яшил, ядро – оч яшил, хондриосамалар – зарғалдоқ ва ёғли тўқималар ҳаво ранг нурланади. Зарғалдоқ акродин флуорохромлашда ўлик хужайралар оч қизил, тирик хужайралар оч яшил рангда люминесценцияланади. Шунга ўхшаш усул саратон касаллигини ташхишлашда ишлатилади ва соғлом хужайраларни саратон билан зарарланганларидан бехато ажратилади. Люминесцент усулнинг жуда сезгирлиги бўяш учун флуорохромларнинг кучли сийраклаштирилган эритмалари ($C \sim 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$ мол/л) ички ёки тери остига киритишда қўлланилади ва уларнинг текширилаётган организм хужайрасига кимёвий таъсири оздир. Бу эса одам ва ҳайвон органини тириклигида флуорохромлаш имкониятини бериб, биологик тадқиқотлар учун муҳим ҳисобланади. Келтирилган усул ёрдамида хужайранинг структурасини турли функционал ҳолатларда ўзгариб боришини қайд қилиш мумкин. Масалан зарғалдоқ акридин бўёғи ($C \sim 1:1 \cdot 10^{-5}$) ҳайвонлар бош мия пўстлоғига киритилганда мия тўқимаси нозик структурасини аниқлаш мумкин. Флуорохромлаш ёрдамида тирик организмда турли хил моддаларнинг органлардаги, тўқималардаги хужайралардаги ҳаракати йўналишини кузатиш мумкин бўлади. Тирик организмни текжиришда унга киритилган флуорохром қон оқими билан организмга тарқалади ва ультрабинафша нурлар билан ёритилганда равшан люминесценцияланади ҳамда тери қисмларини ёки шиллиқ қопламаларни бўяйди.

Турли хил касалликларни люминесценция усулида ташхишлаш. Флуорохромлаш ёрдамида ташхиш қўйишда ҳар хил бактерияларни аниқлаш мумкин. Аурамин ёки сариқ акридин бўёқлари ёрдамида сил касаллиги таёқчаларини топиш мумкин. Кори́фосфин дифтерия таёқчаларини, берберин-сулфатъ проказа бактериясини, риванол малярия плазмоди ва спирохетни яхши ажратади. Жуда оз миқдордаги бактерияларни люминесцен хоссага эга бўлмаган псевдоизоцианинхлорид ёрдамида топиш мумкин. У бактерия сиртида адсорбцияланиб равшан нурлана бошлайди. Бегона бактериялар нурланиб қариндош бактериялар нурланмаслиги учун люминесценциянинг сўндирилишидан фойдаланилади.

Ташхиш мақсадида касалларга флуоресцеин ичга киритилади. Соғлом одамда у 50-70 соатда ажрала бошлайди. Агар зарарли шишлар бўлса бу

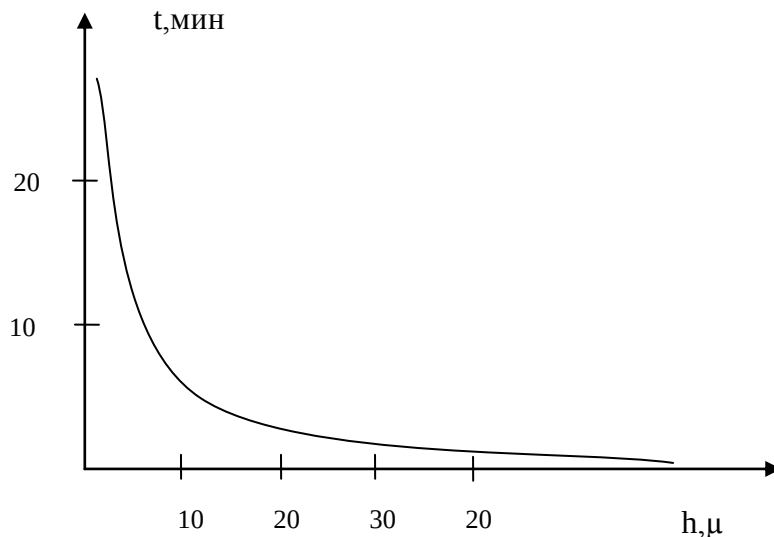
жараён 2000 соатга ўсади. Жарроҳлик столини ўзида ультрабинафша нур билан ёритиб шишларни ажратиш йўлга қўйилган. Бунда шишларнинг тарқалиш чегаралари ва метастаз ҳолати қайд қилинади. Бу усулни амалга оширишда катта интенсивликка эга СВДШ-250 лампаси УФС-4 фильтр билан ишлатилади ҳамда саратон шишининг турлари аниқланади.

Бошқа хил жарроҳлик операцияларда ҳам люминесценция усули ишлатилади. Бош мия шишларини операциясида нормал ва шишли тўқималарни ажратиш мумкин. Шунингдек уларни зарали ёки безарар табиатини билиш мумкин. Тери ўтқазмиш операцияларида касалнинг қонига флуоресцеин киритилади. Урнатилаган терининг битиши ва унда қон айланишни тикланганлиги назорат қилинади.

2.3. САНОАТДА ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИДА ЛЮМИНЕСЦЕНТ ТАХЛИЛДАН ФОЙДАЛАНИШ.

Люминесцент дефектоскопия. Саноат маҳсулотларини назоратида деталларнинг нуқсонларини аниқлаш учун люминесцент дефектоскопия усули кенг қўлланилади. Люминесцент дефектоскопия усулининг авзаллиги шундаки деталнинг кимёвий таркиби, материали, шакли ишловининг сифати аҳамиятга эга бўлмайди.

Люминесцент дефектоскопия усулида текширилаяётган деталь сирти мойли кирилдан бензин билан тозаланади. Детал қуригандан сўнг люминесценцияловчи аралашма (керосин, бензин, трансформатор мойи яшил-олтин дефектол бўёқдан иборат эритма) билан қопланганда 10-15 минут вақтда барча тирқишларга ва сиртий дефектларга сингиб киради. Кейин 5-10 секунд давомида сув оқизилиб ювилади, ҳамда иссиқ ҳаво билан қурилади. Тирқишларга сингиган эритмани сўриб олиши ва сиртга мустаҳкам қотиши учун детал сиртига силикагел (SiO_2) кукуни сепилади. Силтаб детал сиртидаги силикагель тўкилади. Детал сирти ультрабинафша нурлар билан ёритилганда тирқишлардаги ва нуқсонлардаги қолдиғлар люминесценцияси ўн марта катталашган ҳолда равшан кўринади. Люминесценция нурланишини пайдо бўлиши вақтига қараб А.В.Карякин тузган даражалаш графигидан ёриғнинг чуқурлигини топиб олинади.



Расм 1. Деталлар тирқишлари чуқурликларини аниқлаш учун даражалаш графиги.

Люминесцент дефектоскопия магнит хусусиятга эга (пўлат, чўян) деталларни текширишда ҳам қўлланилади ва бунга кукунли магнит дефектоскопия дейилади. Текшириლაётган детал крокус ва минерал мойдан иборат магнит суспензия билан қопланади. Деталда магнит майдони индукцияланади. Электр токи уланганда детал сиртидаги нуқсонларда қолдиқ интенсивроқ магнит майдони ҳосил бўлади. Ультрабинафша нурлар билан ёритилганда тирқишлар чегараларида люминесцент суспензия нурлана бошлайди.

Электровакуум асбобларнинг оммавий назоратини **радиотехника саноатида** амалга ошириш учун люминесцент дефектоскопия муҳим рол ўйнайди. Бу мақсадда қизил ёки зарғалдоқ-қизил интенсив люминесценциялановчи моддалар олинади (трихлорэтилендаги зарғалдоқ-қизил II люмоген). Бу ранглар алдовчи сигналларни қўшилишини олдини олади. Ёғлардан тозаланган намуна люминесцент эритмага туширилади. Капилляр кучлар эвазига эритма тешикларга кириб боради. Намуна сирти тоза трихлорэтилендаги билан ювилгандан сўнг ультрабинафша нурлар билан ёритилганда оқишларда люминесценция кузатилади. Эритмада намуна ушланиши вақтини оширилиб бориб жуда кичикроқ оқишларни топиш мумкин. Минутлар давомида 10^{-3} ўлчамдаги тирқишлар, соатлар давомида 10^{-4} - 10^{-5} ўлчамдаги тирқишлар, суткалар давомида 10^{-6} - 10^{-7} ўлчамдаги тирқишлар топилади.

Люминесцент дефектоскопия қўлланиши чиқарилаётган саноат маҳсулотларини сифатини ошириш ва технологиясини яхшилаш ҳамда бракни кескин камайитириш имконини беради. Люминесцент дефектоскопия усуллари қўлланиши **буғ турбиналари, авиация ва реактив двигателларнинг** деталларини сифатини назоратида ўта муҳимдир.

Деталдаги сезилмас тирқишлар ва нуқсонлар эксплуатация қилинганда жиддий авариялар содир бўлишига олиб келади. Шунинг учун завод шароитида бундай назоратлар люминесцент дефектоскопия ёрдамида амалга оширилади.

Оптико-механик саноатида ишлов берилган шишаларни сортларини маркалашда люминесцент таҳлил кенг қўлланилади. Шишаларнинг нурланишини электр учкуни чиқарадиган қисқа тўлқинли ультра бинафша нурлар ($\sim 300\text{--}250\text{ нм}$) билан уйғотилади. Шиша нурланишининг қисқа вақтда ($\tau \sim 10^{-5}\text{сек}$) шулаланиши ҳамда фосфороскоп ёрдамида ажратиладиган фосфоресценция ($\tau \sim 10^{-2}\text{сек}$) ҳолларида кузатиш олиб борилади. Текширилаётган намунанинг нурланишини 40 та шиша эталлонлар нурланишлари билан солиштириб сортланади.

Тўқимачилик ва резина ишлаб чиқариш саноатларида люминесцент таҳлил қўлланилади. Резина аралашмаси каучук ва резинага пуфаклик, эластиклик, қаттиқлик, сув қайтариш, кислоталарга чидамлик берадиган кимёвий бирикмалар киради. Бу компоненталарнинг кўпчилиги люминесцент хусусиятга эга. Кузатиш натижасида резинани сортлаш мумкин бўлади. Матоларга уриладиган рангли бўёқлардаги ўзгаришлар ва ёғли доғларни аниқлашда муҳимдир.

Қоғоз ишлаб чиқариш саноатида оқ ва оқиш қоғоз массаларни фарқлаш, техник целлюлозанинг ёйилиш даражасини кузатиш ва қари дарахтни ёшидан ажратиш учун люминесцент нурланишнинг интенсивли ва ранги инобатга олинади. Ультрабинафша ёруғликда қоғознинг намга ёғларга чидамлигини аниқлаш мумкин. Қоғоз люминесцент сувли эритмаларни, минерал ёғларни ўзига сингдиради.

Кимёвий саноатда ҳавони сиқиш компрессорларида суюқ кислород сифатини, мойловчи ёғларни топишда; буғ котёлларида нефт маҳсулотларининг меъёрий миқдорини назорат қилиш учун қўлланилади. Олмос олинадиган саноатда рентген нурлари билан уйғотилади ва характерли шулаланишига қараб олмосни тезда ажратиб олинади.

Озиқ овқат саноатларида люминесцент анализ. Дон маҳсулотлари ва илдизмевали ўсимликларни сортлашда люминесцент таҳлил қўлланилади. Люминесценциянинг рангига қараб озиқ-овқатларни бузилиши бошланишини олдиндан айтиш мумкин бўлади. Маҳсулотларни узоқ сақлаш ва консервалар тайёрлашда дастлабки сортлаш муҳимдир. Бу усуллар жуда содда бўлиб, ультрабинафша ва кўриш соҳасидаги қисқа тўлқин узунликли нурлар билан ёритилади. Жанубий туманларда шулаланишни уйғотиш учун куёш нури ишлатилади. Шу йўл билан бодиринг, капуста, картошка, апельсин, мандарин, лимон ва бошқа мева ва сабзавот маҳсулотларининг бузилиш босқичини олдиндан аниқланади.

Фойдали соғлом сабзавотларни замбрук, моғор, хасва ва музлаб зарарланганларидан айириш мумкин. Янги мандарин тўқ-зарғалдоқ рангда люминесценцияланса, кузга кўринмас моғор билан зарарлангани эса жойларида кўк рангда кўринади. Озиқ-овқат маҳсулотларни сифатини таҳлилида ҳам люминесцент таҳлил қўлланилади. Масалан нурланишига

караб уннинг сортини топиш мумкин. Унда қанча кўп кепак бўлса зангоридан кўкка айланувчи нурланиши шунча интенсив бўлади. Сарик-зарғалдоқ люминесценцияда ундаги қоракуя кушимчасини осон билиш мумкин. Шунингдек сут, тухум, тухум кукини ва балиқнинг сифатини махсулотларни ультрабинафша нурлар билан ёритиб назорат қилиш мумкин.

Уруғларни яшаш қобилиятини аниқлаш. Люминесцент таҳлилда танлаб олиш усулида кишлоқ хўжалик экинлари ва тахта турлари уруғларини яшаш қобилиятини аниқланади. Сули, арпа, буғдой, арпа, макажўхори, зиғир, қарағай, қорақарағай, кедр уруғлари куртаклари нурланишлари ранги уларнинг яшаш қобилиятига боғлиқ экан. Арпа ёки буғдойнинг уруғи куртагини бир фоизли БЖДН родомин бўёғи эритмаси билан рангланганда яшаш қобилиятли арпа куртаги оч-сарик, буғдойники сарик нурланади. Яшашга қобилиятсиз уруғлар хира жигарранг нурланади.

Иккинчи усулда турли яшаш қобилиятига эга куртакларда рН катталиги ўзгариши билан флуорохром-индикаторининг нурланиши ўзгаради. Бу усулда арпа ва буғдой куртаклари диметилнафтейродиннинг сув-спиртли ($C=10^{-3}$ г/мл) эритмасига киритилади. Яшаш қобилиятига эга куртаклар очсарик рангда, яшашга қобилиятсиз уруғлар хира пуштиранг нурланади. Картошка тугунаклари назорат қилинса музлаган ёки касалланганлиги аниқланади. Илдиз тугуни музлаган қисми ялтироқ-зангори нурланса соғ қисми кўкимтир-жигарранг нурланади.

Европадаги иккита катта Рейн ва Дунай дарёлари ер ости уланишлари топилган. Бунинг учун бирининг сувига флуоресцеин аралаштирилганда иккинчиси сувида люминесценцияли бўёқ борлиги аниқланган. Аэродинамикада ҳаво оқимини ўрганишда люменесцент моддалардан фойдаланилади. Тирик ўсимликда моддаларнинг ҳаракатини кузатиш учун флуоресцеин ёки эксулин бўёқларининг сувли ёки желатинли эритмалари ўсимликка киритилади. Ультрабинафша нурлар билан ёритилганда интенсив яшил ва кўк моддаларнинг ҳаракат йўналишлари ва тезлиги яққол кўринади.

Тўғонлар, портлар ва гидроэлектростанцияларнинг қурилишида қум массасининг кўчишини люминесцент моддаларни қўллаш билан катта аниқликда аниқланади.

2.4. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, АРХЕОЛОГИЯДА ВА КРИМИНАЛИСТИКАДА ЛЮМИНЕСЦЕНТ ТАХЛИЛ.

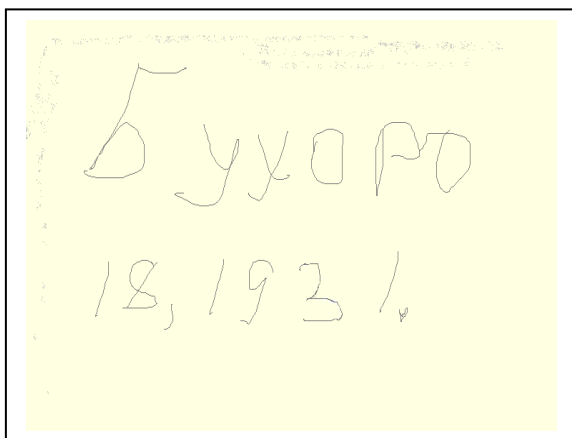
Палеонтологик, археологик ва криминалистик тадқиқотларда люминесцент таҳлил жуда фойдалидир. Катта сезгирлик, оддийлик ва бажарилишининг тезлиги люминесцент таҳлилнинг аҳамиятини оширади. Яна бир жиҳати люминесцент таҳлилдан сўнг текширилаётган объект тўла сақланади ва ўзгармайди.

Палеонтологияда люминесцент таҳлил. Қадимий жинслардаги қолдиқларни ўрганишда қадимий ҳайвонлар ва ўсимликларнинг изларини текширишда палеонтологияда люминесцент таҳлил қўлланилади. Одатдаги ёруғликда бу излар ўчиб кетгандек кўринади. Ультрабинафша нурлар билан

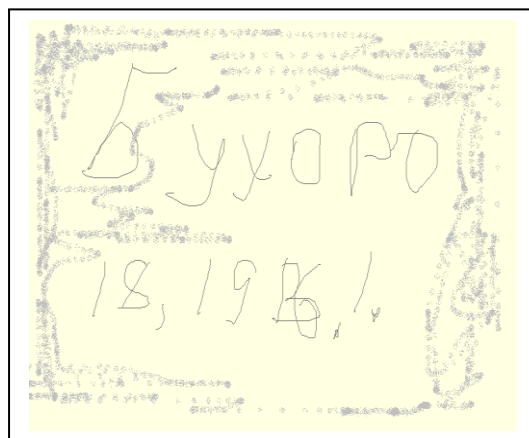
ёритилганда излар люминесценциялана бошлайди ва қадимий ҳайвон ва ўсимликнинг алоҳида деталлари кўрина бошлайди.

Археологияда люминесцент таҳлил. Қадимий қўл ёзмалар ва ҳужжатларнинг ўчган, ранги ўчган ёки кимёвий ўчирилган жойларини расшифровка қилиш учун археологияда люминесцент усулдан фойдаланадилар. Одатда ҳужжанинг бузилган жойларини тиклаш учун уни ультрабинафша нурлар билан ёритилиши етарли бўлади. Агар ёзув анилин бўёқига (метил бинафша, метил зангори) эга сиёҳ билан ёзилган бўлса бу усул ижобий натижа бермайди. Шунда катта қувватли накал лампасининг кўринадиган нурлари таъсирида текширилаётган ҳужжатни инфрақизил люминесценцияси уйғотилади ва фотоплёнкага туширилади. Бу усулда одатдаги шароитда кўринмайдиган матнни тиклаш мумкин бўлади. Шу усулда ёзув машинкаси текстини ҳам тиклаш мумкин. Люминесценция ёрдамида қоғознинг моғор замбруклари билан зарарланганлик босқичини ҳам аниқлаш мумкин. Ундан махсус лабораторияларда ҳужжатларнинг реставрацияси ва консервациясида фойдаланишади.

Криминалистикада люминесцент таҳлил. Криминалистикада суд кимёси ва суд медицинасида люминесцент таҳлил усуллари жуда кенг тарқалди. Ундан суд экспертизациясида сохталаштириш, фальсификация сингари жиноятнинг яширин излари топилади. Ҳар қайси модда, буюм ўзига характерли нурланишга эгадир. Иккита идеал бир хил люминесценцияга эга қоғоз деярли йўқ. Бу эса қимматли қоғоз, ҳужжатлар, пул банкнотлари ва заём облигацияларини аслигини такидлаш имконини беради. Ҳужжатлар сув белгисига эга бўлса натижа янада ҳақиқий бўлади. 1-расмда йилни кўрсатувчи сон ўчирилгани иллюстрация қилинган (*а*-одатдаги кўринадиган ёруғлик ва *в*- ультрабинафша нурлари билан ёритилгандаги фотографиялари).



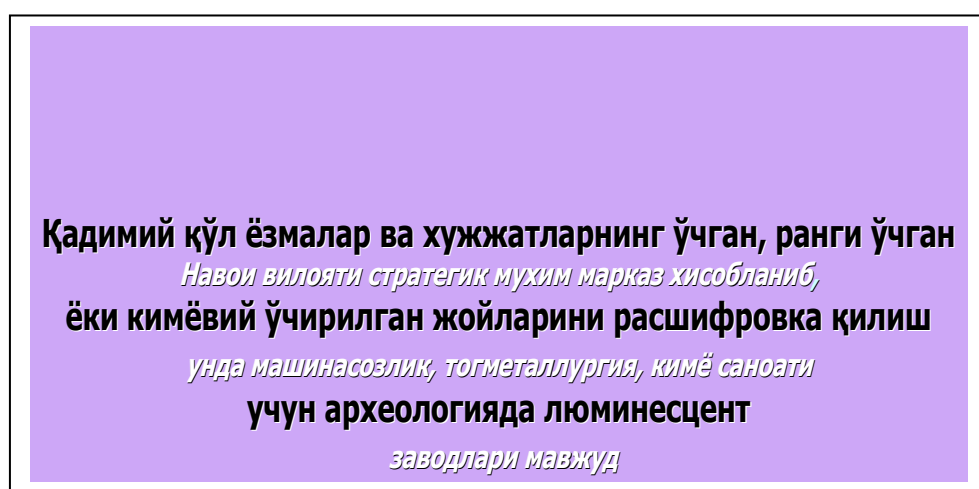
а)



в)

Расм 1. Қалбакилаштирилган ҳужжатнинг *а*)-одатдаги кўринадиган ёруғлик ва *в*)- ультрабинафша нурлари билан ёритилгандаги фотографиялари.

Мармар, суяк, шиша ва бошқа материалларнинг ҳаво ва ёруғлик таъсирида характерли люминесценцияга эга бўлади, ва яқинда тайёрланган буюмлардан фарқ қилади. Бу эса санъат буюмларини аслигини ўрнатиш учун муҳимдир. Шу усулда қадимий расмлардаги реставрация излари имзоларнинг ҳақиқийлиги ультрабинафша нурлар билан ёритилганда яққол кўринади. Шунингдек нурланиш хусусиятига қараб расмнинг тарихини тасаввур қилиш мумкин. Кийим ва бошқа буюмлардаги қон доғи, сўлак, тер, ёғларни аниқланади. Одам кўлидаги ёғ эвазига кўл изларини олиш мумкин. Баллистик экспертицада ўқ излари люминесценциясидан ўқиш йўналиши курул тури ҳақида ҳулоса қилинади. 2-расмда кўринмайдиган сиёҳда ёзилган хатнинг ультрабинафша нурлари билан ёритилгандаги фотографияси келтирилган. Расмдан кўринадики кўринмас ёзув оч рангда ҳосил бўлади.



Расм 2. Кўринмайдиган сиёҳда ёзилган хатнинг ультрабинафша нурлари билан ёритилгандаги фотографияси.

Ҳулоса.

Иккинчи бобда келтирилган маълумотлардан қуйидаги ҳулосаларни қилиш мумкин.

1. Рентген элементар зарралар ва β -нурланишлар, γ - нурланиш радиацияларни қайд қилиш учун люминесценция ҳодисаларидан фойдаланиш энг ҳафсиз ва аниқ усулдир.
2. Тирик организмни люминесценцион усулида текшириш текшириш тери ва тери ости ва органик моддалар ҳақида муҳим маълумотлар беради.
3. Витаминлар ва дориларни организмда сурилишини ҳамда жонзотларда қон оқиш тезликларини назорат қилиш учун люминесценцион усуlining самарадорлиги юқоридир.

4. Авиациялар, реактив двигетеллар, оптик- механика саноатларида, моддаларнинг хусусий нурланишларидан фойдаланиш, нуқсонларни аниқлаш ва сортлаш ишларини енгиллаштирмоқда. Тўқимачилик, резина, қоғоз ишлаб чиқаришнинг ва кимё саноатларида люминесценцион усулининг ишлатилиши ортиқча натижаларни камайтиришга хизмат қилади.
5. қишлоқ хўжалигида дон маҳсулотлари ва илдизмевали ўсимликларнинг уруғларини сортлаштиришга люминесценцион тахлилнинг қўлланилиши камхаражат ва кам меҳнат эвазига юқори ҳосил олиш имкониятини беради.
6. Полеонтология, археология ва криминалистикада люминесценцион тахлилни қўлланилиши қадимий манбаларни аниқлашда ноёб ва қимматбаҳо буюмлар ва ҳужжатларни бузмасдан тадқиқ этиш учун муҳим роль ўйнайди.

Хотима.

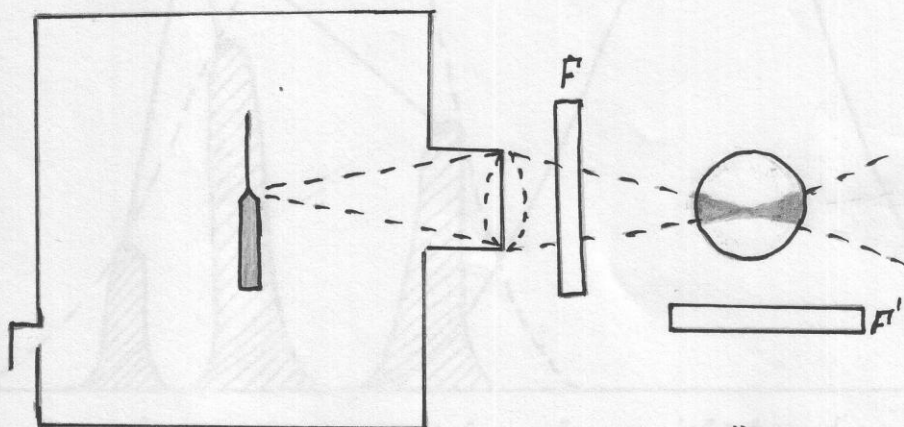
Халқ хўжалиги ва саноатда қўлланиладиган люминесценцион таҳлилдан фойдаланиш мавзусидаги малакавий битирув ишини бажариш давомида қўйидаги хулосаларга келдим.

7. Моддаларнинг хусусий нурланишлари атом ва молекулаларнинг энергетик сатҳлардаги оптик ўтишлар натижасида ҳосил бўлганлиги учун модданинг таркиби ҳақида муҳим маълумотларга эгадир.
8. Моддаларни люминесценция нурланишлари бўйича таҳлил усуллари турли хил бўлиб, уйғотиш ва қайд қилиши жиҳатлари бўйича умумлаштириши мумкин.
9. Моддаларнинг хусусий нурланиш ҳодисасини халқ хўжалиги ва саноатнинг тармоқларида ишлатилиб келиши ҳақида адабиётлардан етарлича маълумотлар йиғдим.
10. Рентген элементар зарралар ва β -нурланишлар, γ - нурланиш радиацияларни қайд қилиш учун люминесценция ҳодисаларидан фойдаланиш энг хафсиз ва аниқ усулдир.
11. Тирик организмни люминесценцион усулида текшириш текшириш тери ва тери ости ва органик моддалар ҳақида муҳим маълумотлар беради.
12. Витаминлар ва дориларни организмда сурилишини ҳамда жонзотларда қон оқиш тезликларини назорат қилиш учун люминесценцион усуlining самарадорлиги юқоридир.
13. Авиациялар, реактив двигетеллар, оптик- механика саноатларида, моддаларнинг хусусий нурланишларидан фойдаланиш, нуқсонларни аниқлаш ва сортлаш ишларини енгиллаштирмоқда. Тўқимачилик, резина, қоғоз ишлаб чиқаришнинг ва кимё саноатларида люминесценцион усуlining ишлатилиши ортиқча натижаларни камайтиришга хизмат қилади.
14. қишлоқ хўжалигида дон маҳсулотлари ва илдизмевали ўсимликларнинг уруғларини сортлаштиришга люминесценцион таҳлилнинг қўлланилиши камҳаражат ва кам меҳнат эвазига юқори ҳосил олиш имкониятини беради.
15. Полеонтология, археология ва криминалистикада люминесценцион таҳлилни қўлланилиши қадимий манбаларни аниқлашда ноёб ва қимматбаҳо буюмлар ва ҳужжатларни бузмасдан тадқиқ этиш учун муҳим роль ўйнайди.

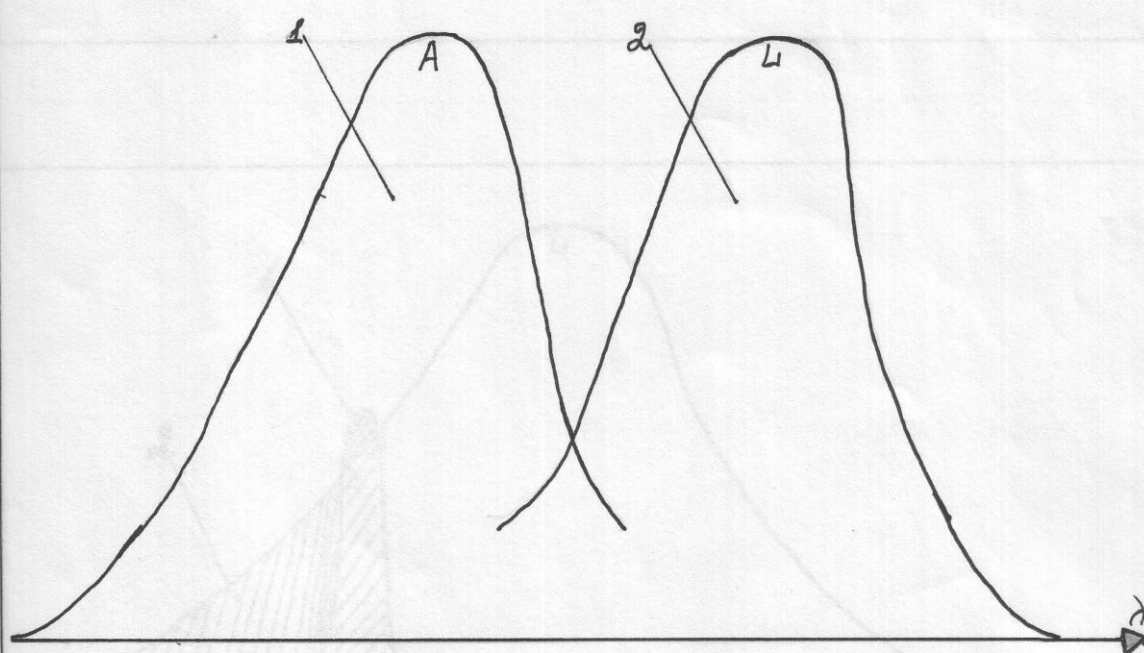
16. малакавий битирув ишини бажариш учун қилинган мақсад
режалаштирилган асосда ниятида етказилди деб ҳисоблайман.

Фойдаланилган адабиётлар.

1. М.Борн, Э. Вольф. «Основы оптики». Издательство «Наука» 138-143 бетлар.
2. Н. М. Гаджаев « Оптика» Москва « Высшее школа» 1977 г 279-284 бетлар.
3. А. А. Шишловский « Прикладная физическая оптика». Москва 1961 г. 379-411 бетлар.
4. Г. С. Ландсберг « Оптика» Тошкент «Ўқитувчи» 1981 й 762-780 бетлар.
5. «Физикадан практикум» Электрон ва оптика.
6. А. А. Бабушкин и др. Методы спектрального анализа. Издательства Московского Университета 1962 год. 146 – 152 бетлар.
7. А. Н. Зейдель и др «Таблицы спектральных линий» Москва Издательство «Наука» 1969 год. 564-567 бетлар.
8. W.W.W Зиёнет. Ўз- ахборот таълим ресурслар интернет портали.
9. W.W.W Google. com. нинг тегишли портали.
10. А. А. Аивозова и другие. «Спецпрактикум по оптике и спектроскопии» Тошкент. Ўз .М У. 2005 год. 96- 115 бетлар.

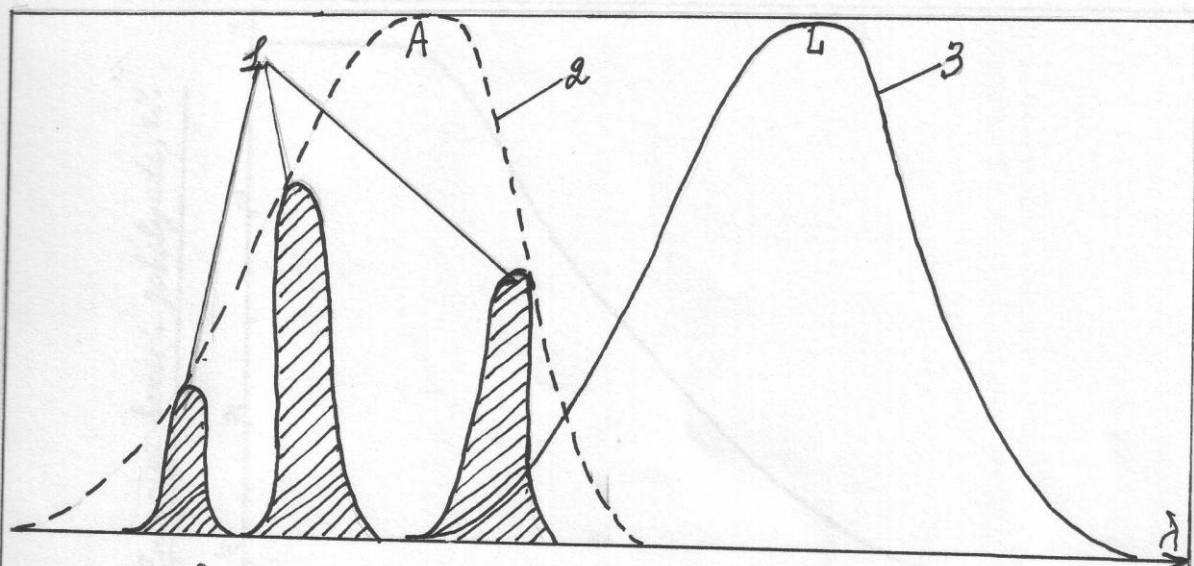


1.1 - chizma. Suyugliklar fluoressensiya sini kuzatish sxemasi, F va F' - qo'shimcha ssetofil'lar.



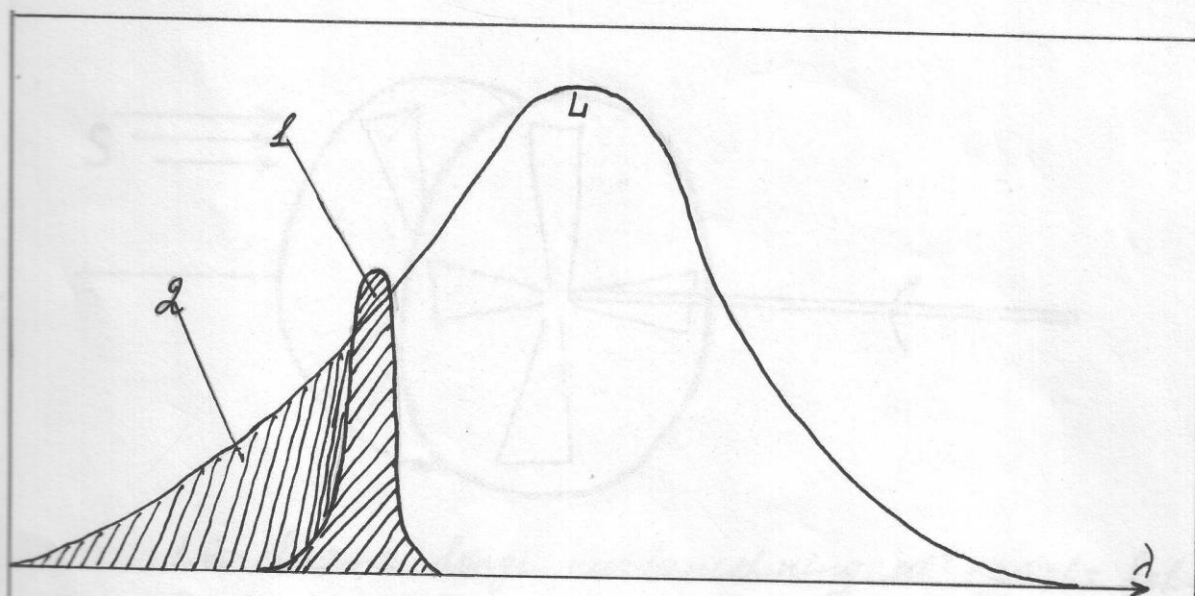
1.2 - chizma. Stoks qoidalarini tushuntiruvchi sxema.

1. Absorbriya. 2. Lyuminessensiya.



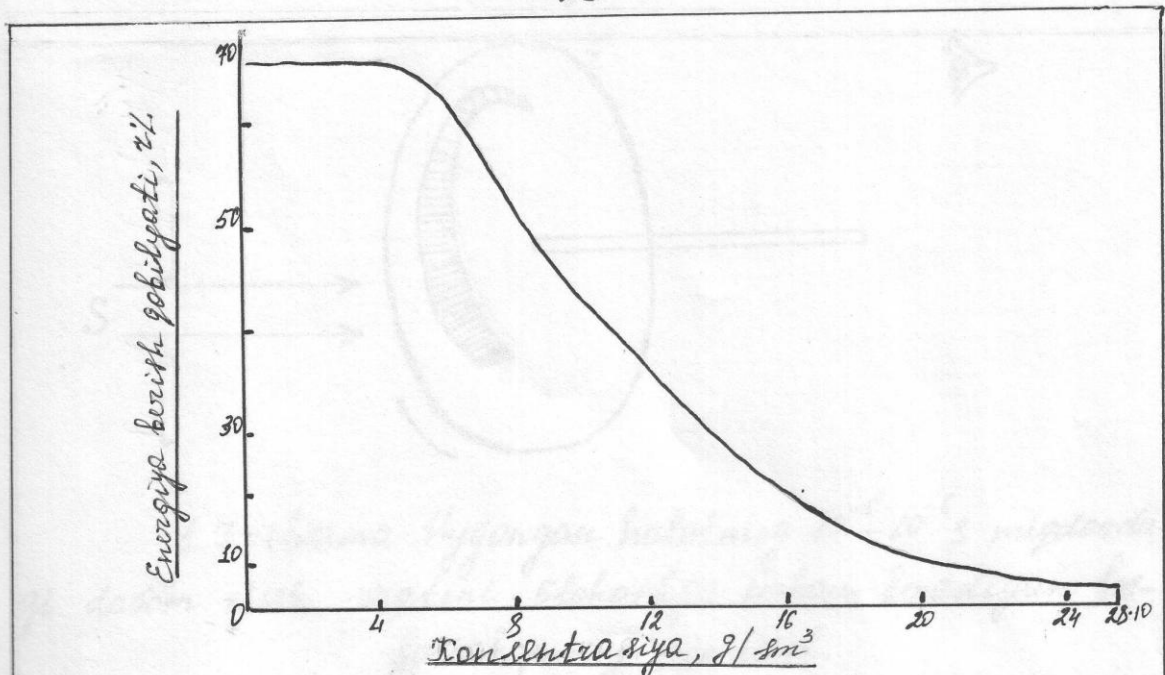
1.3-chizma. Biror yutish polosasi ichida yotgan chastotali yorug'lik bilan uyqotganda luminessensiya spektri baxar may qoladi.

1. Uyqotuvchi chiziqlar. 2. Absorbsiya polosasi. 3. Luminessensiya polosasi.

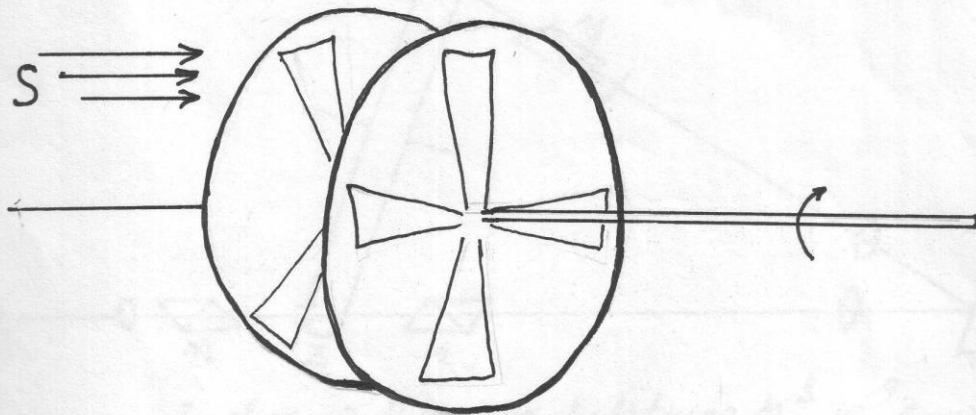


1.4-chizma. Stoks qoidasining buzilishi.

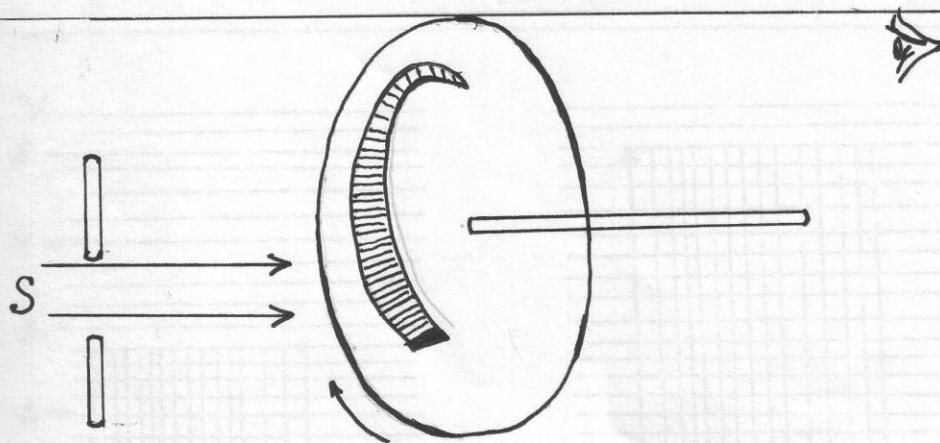
1. Uyqotuvchi chiziq. 2. Antistoks qism.



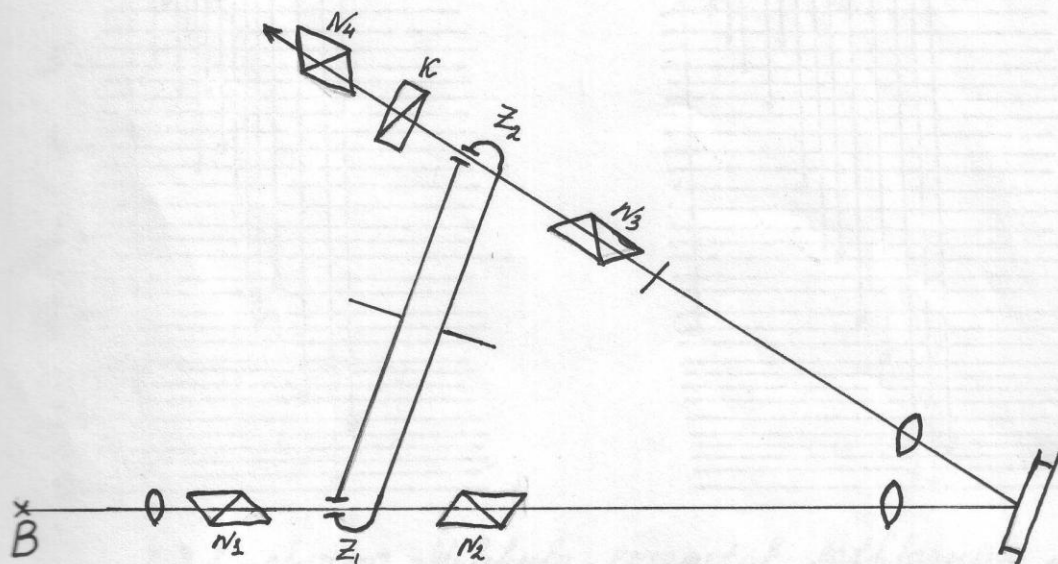
1.5.- chizma. Fluoresseining energiya berish qobiliyati-
ning konsentratsiyaga bogʻliqligi (S. S. Vavilov ma'lumotlari).



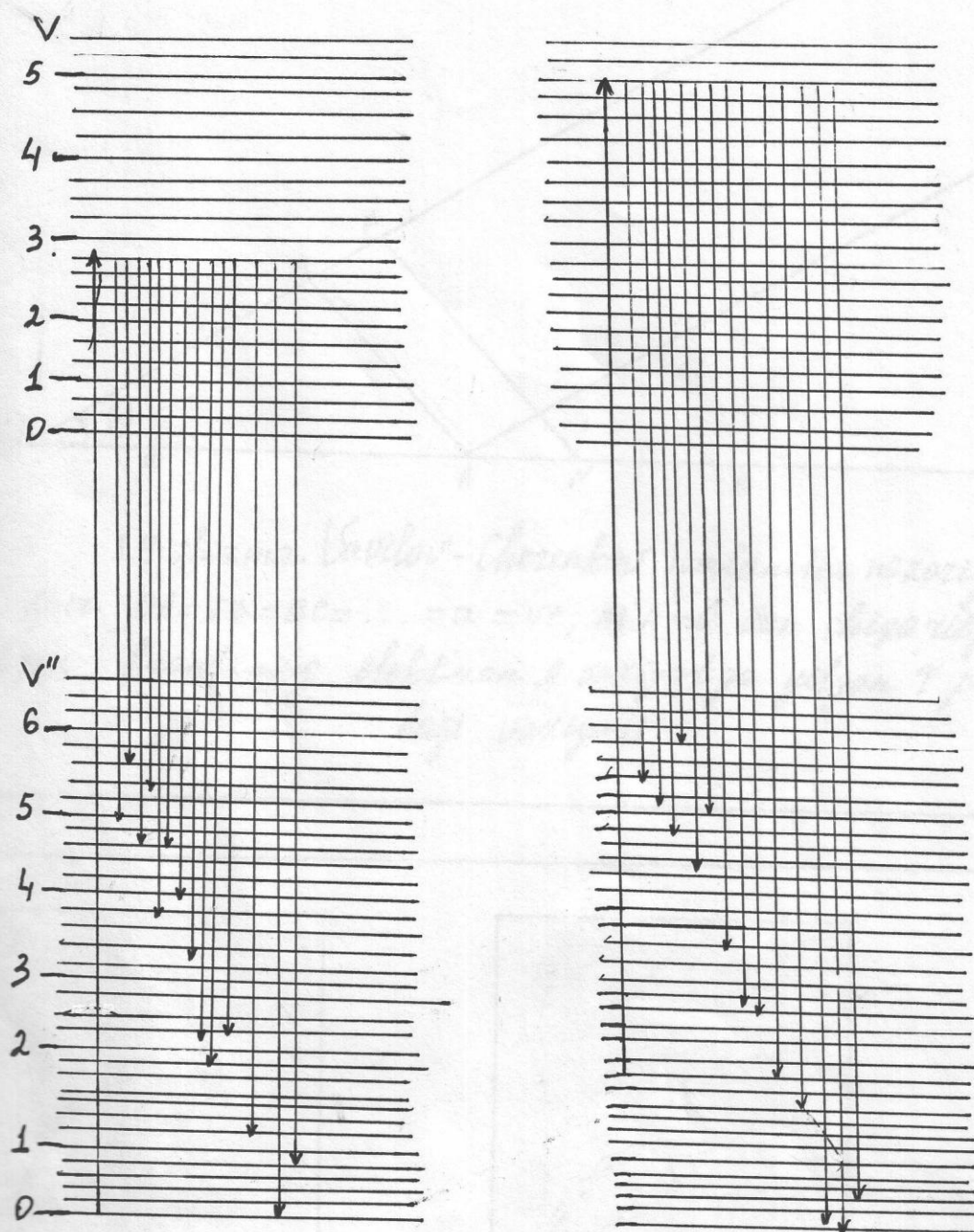
1.6.- chizma. Sogʻi merlanishning 10^{-4} s gacha bol-
gan davom etish vaqtini oʻlchashga imkon beradigan sad-
da fosforoskopning sxemasi.



1.7.- chizma. Nygongan holatning $10^{-5} - 10^{-6}$ s miqdordagi davom etish vaqtini boshlashga imkon beradigan fosforoskopning sxemasi.



1.8.- chizma. Nygongan holatning $10^{-8} - 10^{-9}$ s miqdordagi davom etish vaqtini boshlashga imkon beradigan va yorug'likni yuqori chastotali modulyatsiya laydigan fosforoskopning sxemasi.



1.2.1. - chizma. Molekula energetik sathlarning monoxromatik uygotilganda murakkab chiqarish spektrining hosil bo'lishini tushuntiruvchi sxemasi.