

Э.Ю.ТЎРАЕВ, Ш.Ч.ТУРСУНОВ

Л а з е р л а р
ФИЗИКАСИ



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

Э.Ю.Тўраев. Ш.Ч.Турсунов

ЛАЗЕРЛАР ФИЗИКАСИ

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги Термиз давлат университетининг Илмий Кенгаши
томонидан **5140200 - Физика таълим** йўналиши учун ўқув
қўлланма сифатида тавсия этилган.

Тошкент- 2022

УЎК 621.373.8(075.8)

КБК 22.345я72

T42

Тўраев Э.Ю. ва бошқ.

Лазерлар физикаси. Ўқув қўлланма. Э.Ю.Тўраев, Ш.Ч.Турсунов. –Т.:
“Lesson Press” нашриёти, 2022 й. – 100 б.

Ушбу ўқув қўлланмада Лазер нурланишини ҳосил қилишнинг тарихи, физик асослари, лазерлар физикасини ривожланиши, ҳамда лазерларнинг турлари, қўлланилиши соҳалари, шунингдек лазер нурланишининг қўлланилишида зарур бўладиган хавфсизлик қоидалари баён этилган. Рисолани тайёрлашда очик матбуотда нашр қилинган материаллардан ва чет эл матбуотида берилган материаллардан кенг фойдаланилган. Ўқув қўлланма университетлар ва педагогика институтларининг физика таълим йўналиши юқори курс талабалрига, шу соҳа магистрларига, шунингдек физика фани ўқитувчиларига мўлжалланган бўлиб, физика соҳасида умумий маълумотга эга бўлган кенг қизиқувчилар оммасига ҳам зурур тушунчалар олишида керакли қўлланма бўлади.

Масъул муҳаррир:

А.С.Қосимов,

Термиз давлат университети физика кафедраси профессори.

Такризчилар:

А.Қ.Ташатов,

Қариши давлат университети физика факультети профессори, ф.м.ф.д.;

Ў.Н.Султонова,

*Термиз муҳандислик технология институтини Аниқ ва табиий
фанлар кафедраси мудири, профессор, п.ф.д.;*

М.Х.Шомирзаев,

*Термиз давлат университети Технологик таъли кафедраси
мудири, профессор, п.ф.д.*

Термиз давлат университетининг Илмий Кенгаши томонидан 5140200 -
Физика таълим йўналиши учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган.

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Термиз
давлат университети Ректорининг 2022 йил 30 декабрь № 402-РО сонли
буйруғига асосан ўқув қўлланма сифатида нашрга тавсия этилган.

ISBN 978-9943-9138-8-2

© Э.Ю.Тўраев, Ш.Ч.Турсунов, 2022

© “Lesson Press” нашриёти, 2022

КИРИШ

XX-асирнинг иккинчи ярмида бошланган илмий-техника революцияси янгидан-янги фанларни дунёга келтирди. Ана шу фанлардан бири-лазерлар физикасидир.

Бу фан квант механикаси, радио-физикас, оптика, радиоэлектроника ва каттик жисмлар физикаси фанларинг асосида яратилган бўлиб, квант ҳодисалар асосида электромагнит тебранишларнинг оптик дианозонидаги қисмида генерасия, нурланишни купайтириш ва электромагнит тебранишларни ўзгартириш ҳодисаларини ўрганишга бағишлангандир. Оптик дианозонда электромагнит тебранишларни генерасиялаш ва купайтириш элементлар зарраларда (атомлар, ионлар молекулаларда) индукцион нурланиш асосида яратилган. Бу фан ёруғликнинг корпускуляр ва заррача хусусияти асосида юзага келди. Ушбу фаннинг “Квант электроникаси” деб аталадиган иккинчи номида электронлар ва нурланиш квантининг хусусиятларининг бир хиллик ўзаро боғланиши аниқ билиниб туради. Уйғонган ҳолатдаги квант системаси ёрдамида ёруғликни кучайтириш мумкиллигини 1940 йилда профессор В.А.Фабрикант томонидан биринчи марта назарий жиҳатидан исботлаб берилган эди. В.А.Фабрикант ўзининг илмий ҳодимлари Ф.А.Бутаева ва М.М.Вудинский билан узоқ давом этган тажрибалари асосида ўзининг яратган назариясининг амалий тасдиғига эришди.

1954-1958 йиллар давомида академиклар Н.Г.Басов ва А.М.Похоров молекуляр генераторлар асосида оптик дианозонда нурланишни генерасиялаш бўйича комплекс тадқиқотлар ўтказиб, оламшумил натижаларга эришдилар.

Шу муддатларда амеркалик олим Ч.Таунс ҳам квант сестималар ёрдамида оптик дианозонда нурланишларни генерасиялаш бўйича куплаб тажрибалар ўтказиб, ажойиб натижаларга эришди. Ушбу тадқиқотлари учун Н.Г.Басов, А.М.Прохоров, Ч.Таунслар 1964 йилда Нобель мукофотиغا сазовор бўлишди. Оптик квант генераторлари (лазерлар)-оптик дианозонда когерент нурланишни генерасияловчи прибор бўлиб мажбурий нурланиш (индукцион нурланиш) ёрдамида когерент ва йўналган нур ҳосил қилади. Лазер нурланишнинг ажойиб хусусиятлари унунг халқ хўжалигининг барча соҳаларида ўз қўлланилиш соҳаларини топмоқда. Лазер ҳозирги вақтда информасияни узатувчи системада, масофаларни аниқ улчашда, телевиденияда, спектроскопияда, металллар ва ўта каттик материалларни қайта ишлашда, химояда, электрон-ҳисоблаш техникасида, геодезияда, голографияда, биологияда ва энг асосийси тиббиётда кенг қўлланилмоқда. Лазерларнинг қўлланилиш чегараси ҳақиқатан чексиздир.

БОБ. Лазерлар физикасининг назарий асослари

1.1. КВАНТ ЭЛЕКТРОНИКАСИ СОҲАСИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ТАРИХИ ВА БОШҚА ФАНЛАР БИЛАН БОҒЛИҚЛИГИ

Квант электроникаси-термодинамик жихатдан мувозанатда бўлмаган квант системаларда мажбурий нурланишнинг ҳосил бўлишини ва шу асосида ишлайдиган кучайтиргичларни ва генераторларни ўрганадиган фандир.

Квант электроникаси–физиканинг янги соҳаси бўлиб, у квант системасида термодинамик мувозанатсизлик ўрнатилган бир пайтда электромагнит тўлқинларининг мажбурий (индутцирли) нурланиш эффектини қўллаш ҳисобига ёруғликнинг кучайишини ва генерациясини ҳосил қилиш усулларини, яратилган кучайтиргич ва генераторларнинг хусусиятларини ва уларнинг қўлланишларини ўрганади.

Квант электроникасининг асбоблари–кўпчилликга таниш бўлган лазерлардир. Шунинг учун квант электроникаси лазерлар ҳақидаги фанни ўз ичига олади.

Лазер (мазер) сўзи инглизча сўзларнинг бош ҳарфларидан ташкил топган: Ласег (Light (microwave) amplification by stimulated emission of radiation) бўлиб, у ёруғликнинг (ўта юқори частотали (ЎЙУЧ) диапазонидаги радио тўлқинларининг) мажбурий (индутцирли) нурланиши ҳисобига кучайиши демакдир. Бундан кўриниб турибдики, мазер ва лазер бир-биридан принципиал жихатдан фарқ қилмайдиган квант генераторларидир. Лекин ҳозирги пайтда лазерларга қизиқиш катта. Шу сабабли бу дарслик курсида деярли лазерлар физикаси ҳақида фикр юритилади.

Лазер нурланишнинг кашф қилиниши квант физикаси қонунларининг амалда қўлланишининг мантиқий ва муқаррар босқичидир.

Энди шу фаннинг кашф этилиш тарихига назар солайлик. 1900 йилда машҳур немис физиги Макс Планкнинг илмий ишидан кейин физика фанига квант тушунчаси киритилди. 1905 йилда Алберт Эйнштейн эса, квант бу бўлинмайдиган бир бутун кичик миқтордаги ёруғлик энергияси бўлиб, у моддаларда ютилиши ёки моддалардан нурланиш туфайли ажралиб чиқиши мумкин деб тасаввур қилди. Физика энергиясининг кванти (энергиянинг порсияси) тушунчасини Эйнштейн киритди. Фотон тушунчасини эса 1929 йилда Г.Ҳ.Луис киритди. Фотон бу ҳақиқий мавжуд бўлган электромагнит майдонининг заррачаси деб қаралади. 1913 йилда Даниялик Нилс Бор фотоннинг нурланиш механизмини анализ қилиб қўйидаги мустаҳкам натижага келди. Атом аниқ ва қатор энергетик сатҳлар билан ҳаракатланади. Ҳар бир энергетик сатҳининг тўла энергияси қиймати мавжуд, энергетик

сатҳлар $E_1 E_2 E_3 \dots E_n$, ва ҳақоза белгиланади. Хар бир энергетик сатҳ атомнинг стационар ҳолатини ифодалайди ва ўша энергетик сатҳларда атом нурланмайди. Атомнинг бир стационар ҳолатдан иккинчи бир стационар ҳолатга фақат сакраб ўтгандагина нурланиш кванти ёки фотон содир бўлади. Нурланиш частотаси бошланғич ва охири энергетик сатҳларнинг фарқи билан боғланган:

$$\nu_{21} = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{h}$$

h - Планк доимийси.

1916 йилда Эйнштейн ёруғликнинг нурланиши ва юритилиши жараёнини квант механикаси назарияси асосида қараб чиқди. Эйнштейн шу ишида атом ёки молекулаларнинг энергетик сатҳлари орасидаги квант ўтишларининг икки хил тури мавжудлигини аниқлади. Квант ўтишининг биринчи тури уйғонган атомнинг ташқи таъсирсиз пастки энергетик сатҳга ўз-ўзидан ўтиши ва бунда ўзидан ёруғлик кванти чиқаришидир. Квант ўтишининг иккинчи тури уйғонган атомнинг пастки энергетик сатҳга ташқи ёруғлик интенцивлигининг таъсири туфайли мажбуран ўтишда ёруғлик кванти чиқариши (индутсирли нурланиш) индутсирли ўтишдир. Агар атом уйғонмаган пастки энергетик сатҳда жойлашган бўлса, ташқаридан шу атомга тушаётган ёруғлик кванти мажбуран юритилади ва атом пастки энергетик сатҳдан юқори энергетик сатҳга ўтади. Бу хил ўтиш ҳам мажбурий ўтиш номи билан юритилади. Демак Эйнштейн физика фанига мажбурий (индутсирли) квант ўтиш тушунчасини киритди. Ўша фикрлар асосида биринчидан, абсолют қора жисмнинг нурланишини тушунтирувчи Планк формуласини келтириб чиқариш ётса, иккинчидан, лазер нурланишини хосил қилиш механизмининг пойдеворини куриш ётарди.

Кези келганда шуни ҳам эслатиб ўтиш лозимки, абсолют қора жисмнинг нурланишини тушунтирувчи Планк формуласи квант механикасининг ва лазерлар физикасининг юзага чиқишига, юксалишига жуда катта ҳисса қўшди.

1925-1926 йилларда турли миллат физик олимларининг бир гуруҳи квант механикасини яратди. Бу фан ёруғликнинг атом ва молекулалар билан ўзаро таъсирини ифодалаш учун зарур бўлганда назарий базани яратди .

1927 йилда машҳур инглиз физиги П.Дирак нурланишнинг квант назариясини яратди. Дирак ёруғликнинг нурланиш назариясида Эйнштейннинг спонтан ва индутсирли нурланиши каби гипотезалари

ҳақиқатдан ҳам мавжудлигини ва ўша ҳодисаларнинг асосий хусусиятларини қатъий исботланди Дирак мажбурий нурланишдан ҳосил бўлган фотоннинг уйғонган атоми мажбурий нурлантирувчи ташқи фотон билан мутлақо бир хил ҳарактеристика эга эканлигини, яъни фотонларнинг йўналиши, энергияси ёки нурланиш частотаси ва кутубланишлари айнан бир хил эканлигини исботлади. Квант электроникаси, хусусан лазерлар, моддаларнинг мажбурий нурланишдан ҳосил бўлган фотонларнинг шу моддаларга ташқаридан тўшаётган фотонларга айнан ўхшашлигига асослангандир.

Шундай қилиб, Дирак квант электроникасини юзага келтирадиган физиканинг пойдеворини қуриб битказган эди.

Лазер бу когерент ёруғлик манбаидир. “Когерентлик” деган сўз атомлар, молекулалар оддий квант нурланувчилари бўлиб, улар чиқарган квантлар ҳарактеристик жихатдан айнан бир хилдир. Улар ҳамоҳанг, ўзаро бирдамлик равишда нур чиқаради. Лекин одатда молекулалар термодинамик мувозанатда туради, яъни модда таркибидаги атом ёки молекулаларнинг кўпчиллик сони ёруғликни ютувчи бўлиб, кам қисми нурланувчидир. Нурланувчи атомларнинг таркибида мажбурий нурланувчи атомлар жуда ҳам кам ва мажбурий нурланишни кўриш жуда қийин. Шу туфайли 30-йилларга келиб, моддада термодинамик мувозанатсизлик ҳосил бўлса, яъни ўйғонган атомлар сони ўйғонмаган атомлар сонидан оширилса, нурланиш жараёни мутлақо ўзгаради деган фикрлар пайдо бўлди.

Шахсан профессор В.А.Фабрикант 1939 йилларда газлардан разряд ҳосил қилиб ва газоразряд орқали ёруғлик ўтганда кучайишини ҳам тажрибада кузатди. Ёруғликнинг кучайиши мажбурий нурланиш туфайли бўлиши аниқланди.

Улуғ Ватан уруши йилларида радиолокация (турли объектларни радиотехника қурилмаси ёрдамида топиш, унинг ўрнатилган жойини ва координатасини аниқлаш) жадал суръатлар билан ривож топди. Бу радиотехника фанининг илк қадамлари бўлиб, у радиогенераторларнинг қувватини ва сезгирлигини ошириш ҳамда қисқа электромагнит тўлқинлар билан ишлайдиган асбобларни яратиш устида иш олиб борди. УЙУЧ радио тўлқинлари диапазонида ишлайдиган генераторлар яратилди ва генераторлар ёрдамида молекулаларнинг радиопозонида жойлашган электронмагнит тўлқинларининг ютилиш спектрини ўрганиш йўлга қўйилди. Натижада радиоспектроскопия фани пайдо бўлди ва квант механикаси

молекулаларининг радиодиапазонида жойлашган ютилиш спектрини камчилликсиз тушунира бошлади.

Радиоспектроскопия билан шуғулланувчи олимлар қўлида спектрал равшанлиги жуда катта бўлган электромагнит тўлқинни чиқарувчи манба пайдо бўлди. Оптика диапазонида ҳали бундай кучли ёруғлик манбаи йўқ эди. Радиопазонида спонтан нурланишнинг имконияти жуда кичик бўлиб, радио тўлқинларининг молекулалар билан ўзаро таъсирида мажбурий энергетик ўтишлар асосий ҳал қилувчи вазифани бажаради. Олимлар биринчи марта Эйнштейн айнан молекулалар томонидан мажбурий ютилиши билан бир қаторда, уйғонган молекулаларнинг мажбурий нурланишини кузатди. Тажрибада молекулалар частотасини хосил қилиб бир жинсли бўлмаган электр майдонида молекулаларнинг квант ҳолатига кўра яратилади. Ана шу илмий текширишлар асосида совет олимларидан Н.Г.Басов, А.М.Прохоров ва улар билан бир вақтда амеркалик профессор Ч.Таунс 1954-1955 йилларда молекуляр генератори мазер асбобини яратдилар. Мазер уйғонган молекулаларни тайёрлашга ва у молекулаларнинг ҳажмий резонаторда мажбурий энергия нурланишига асослангандир. Натижада микротўлқинли (радиодиапазондаги) квант электроникаси пайдо бўлди. Олимлар олдидаги эндиги вазифа радио диапазонида ишлайдиган мазернинг принципини қандай қилиб оптика диапазонида тадбиқ қилишдан ва оптикага кўчиришдан иборат бўлиб қолди. Бу муаммони биринчи бўлиб академик А.М.Прохоров ҳал қилди ва у 1958 йилда Фабри-Перо интерферометерини очиқ оптик резанатор сифатида фойдаланиш мумкинлигини назарий жихатдан исботлади ва амалда лазернинг ишлаш жараёнини таклиф қилди. Тезда 1960-1961 йилларда оптик мазер, яъни лазер яратилди .

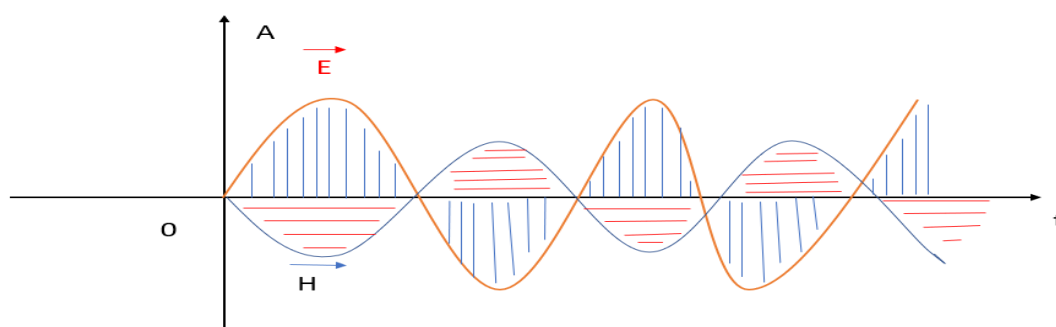
Шундай қилиб, квант электроникаси яратилди ва ўшандан бошлаб квант электроникаси гуркираб ривож топмоқда.

1.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЎЛҚИНЛАРИ

Зарядли заррача атрофидаги электр майдон зарра ҳаракатланганда магнит майдон ҳосил қилади. Умумий ҳолатда электр майдон ўзгариши магнит майдонни, магнет майдон ўзгариши электр майдонни ҳосил қилади.

Электр ва магнит майдонни, магнит майдон ўзгариши электр майдони ҳосил қилади.

Электромагнит тўлқинни ҳосил қилувчи электр ва магнит майдонлари ўзаро бир-бирига тик йўналган бўлиб бу майдонлар бир вақтда максимум қийматга эришиб, яна бир вақтда минимал қийматга эга бўлади. Шу билан бирга электр ва магнит майдонлар ўзлари ҳосил қиладиган электромагнит тўлқин йўналишига ҳам тик йўналган бўлади. Унинг график кўриниши қуйдаги кўринишда бўлади:



Электр ва магнит майдонлар ўзаро бирлашиши асосида ҳосил бўладиган электромагнит майдон ёки электромагнит тўлқинни ўз энергияси ўз частотасига эгадир ана шу частотаси қийматига қараб электромагнит тўлқин ёки электромагнит майдоннинг шкаласи мавжуд шкалада аввал частотаси жуда кичик лекин тўлқин узунлиги энг катта бўлган радиотўлқинлар соҳаси мавжуддир.

Ундан кейин кўзга кўринувчи нурлар ёки электромагнит тўлқинлар жойлашган Рентген нурлари, гамма нурлар ва космик нурлар тартиб билан жойлашган бўлиб, бу нурларнинг частоталари жуда катта, тўлқин узунлиги эса жуда кичикдир:

Радио тўлқинлар соҳаси		Рентген нурлар		Космик нурлар
	Кўзга кирувчи нурлар		Гамма нурлар	

Кўзга кўринувчи нурлар (электромагнит тўлқинлар) частоталари қийматига кўра 3 та гуруҳга бўлинади. Частотаси кичикроқ қисми **инфрақизил** нурлар деб аталади. Ундан кейин кўзга кўринувчи нурлар ва частотаси юқориқроқ қисм **ультрабинафша** нурлар деб аталади.

Лазер нурланиши радиотўлқинлар соҳасининг катта частотали қисмида ва кўзга кўринувчи нурлар соҳасининг барча қисмида ишлайди. Шунингдек

хозир рентген нурлари ва гамма нурлар соҳасида ишлайдиган лазерлар мавжудлиги ҳақида маълумотлар бор.

1.3. ЁРУҒЛИКНИНГ КВАНТ ТАБИАТИ

Маълумки, охириги 40-50 йил давомида кучли когерент ва тўғри чизик бўйича йўлланган нурланиш манбаи-оптик квант генераторлари илмий тадқиқотлар соҳасида, шунингдек халқ хўжалигининг барча соҳаларида жуда кенг қўлланилмоқда. Квант электроникаси-термодинамик жиҳатдан мувоzonатда бўлмаган системаларда электромагнит нурланишлари генерациялаш ва кучайтириш ҳамда шу асосда олинган кучайтиргичлар ва генераторларнинг хусусиятларини ўрганиш билан шуғулланувчи фандир. Умумий ҳолда квант электроникаси мазерлар ва лазерлар ҳақидаги фандир.

Лазер нурланиши бошқа нурланишлардан йўқори йўналтирилганлиги ва монохроматиклиги билан фарқ қилади.

Масалан: Когерент бўлмаган нурланиш манбаларида $\nu \approx 10^9$ гц,

$\Delta\varphi \approx 0,1$ рад.

Когерент манбаларда $\Delta\nu \approx 10^3$ гц, $\Delta\varphi \approx 10^{-4}$ рад.

Нурланиш интенсивлиги (маълум бир частотали нурланиш энергиясининг бирлик юзага бирлик вақт мобайнида тушуши): Когерент бўлмаган манбада- 10^{19} вт/гц.мм². Когерент манбада- 10^4 вт/гц.мм². 3 та фундаменталь физик ҳолатлар квант электроникасининг асосини ташкил этади.

Электромагнит нурланиш энергияси дискрет энергиялар порцияларидан иборат бўлиб, улар квантлар ёки фотонлардир.

Фотонларни нурлантириш (ёқори интенсивликга эга ҳолатларда)

-Индукцион нурланиш эффекти асосида юз беради. Бунда индукцияланган ва индукцияловчи квантлар ўзаро бир хил бўлиб, индукцияланиш эҳтимоли индукцияловчи нурланиш интенсивлигига пропорционалдир.

Электромагнит нурланиш квантлари Бозе-Эйнштейн статистикасига бўйсунди. Бошқача қилиб айтганда битта тебранишга (нурланиш майдони осцилляторига) тўғри келадиган квантлар сони—чексиздир! Битта майдон осцилляторини жуда кўп аралаш нурланиш квантлари билан тўлдирилганда классик электромагнит тўлқини ҳосил бўлади. Бу ҳолат Эйнштейн томонидан квант электроникаси пайдо бўлишидан 50 йил аввал айтиб ўтилган.

Нурланишнинг индукцияланган кўриниши ҳақидаги дастлабки маълумотлар абсолют қора жисм нурланиши муаммосини ўрганишда пайдо бўлган. Маълумки, абсолют қора жисм нурланишида энергия миқдори W қора жисм томонидан нурлантирилган ва ютилган энергия тенглиги орқали аниқланади. Абсолют қора жисм $W(\vartheta, T)$ функция жисм ўлчами ва формуласига боғлиқ бўлади. Шу сабабли электромагнит майдоннинг ҳар бир тебранишига маълум бир осцилятор мос келди.

Демак маълум бир ҳажмдаги электромагнит майдон–гармоник осцилляторлар йиғиндисидан иборат бўлади. Шу сабабли Планк назариясига асосан ҳар бир нурланиш майдони осцилятор энергияси $h\nu$ га қаррали бўлади.

Демак $n-4$ и ҳолат учун $h\nu$ энергияли n та фотон тўғри келади.

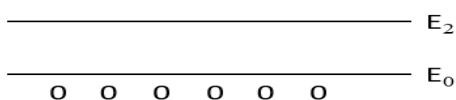
Осцилляторнинг бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтиши–бу фотоннинг туғилиши ёки ютилиши ҳисобланади шуларга асосан Планк қўйидаги эҳтимолликни яратди:

$$W(\vartheta, T) = \frac{8 \cdot P \cdot \vartheta^2}{c^3} * \frac{h\vartheta}{(e^{-h\vartheta/kT} - 1)}$$

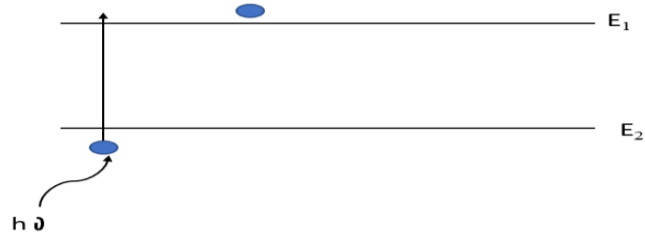
Яни маълум ҳажмдаги нурланиш майдони (абсолют қора жисм учун) – бу майдоннинг шу ҳажмдаги атомлар билан ўзаро фотонлар алмашинуви йиғиндисидан иборатдир. Ана шу гипотеза асосида Эйнштейн атомлар системасида спонтан ва индукцион ўтишлар мавжудлигини айтиб ўтган. Унга асосан оддий атомлар системаси энг кичик энергияга эга бўлган асосий ҳолатда мавжуд бўлади. Майдон нурланиши тасирида атомлар уйғонган 2 ҳолатига ўтади. Маълум муддатдан сўнг улар яни илгариги асосий 1-ҳолатга қайтиши мўмкин. Унда спонтан нурланиш ҳосил бўлади. Агар ташқи электромагнет майдон билан ўзаро таъсирлашса индукцион нурланиш ҳосил бўлади. Спонтан ўтишда спонтан нурланиш ҳосил бўлади. У нурланиш когерент эмас. Индукцияланган нурланиш эса когерент ҳисобланади. Анашу спонтан ва когерент бўлган индукцион нурланишлар йиғиндиси лазер нурланишини ҳосил қилади.

1.4. НУРЛАНИШ ХУСУСИЯТЛАРИ ВА ТУРЛАРИ

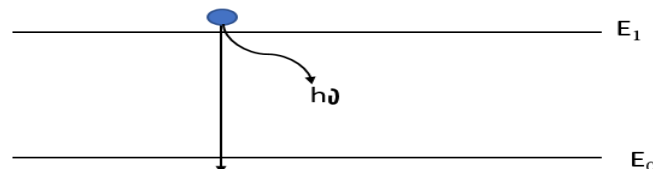
Эйнштейн назариясига асосан оддий атомлар системаси энг кичик энергиясига эга бўлган асосий ҳолатда мавжуд бўлади.



Майдон нурланиши таъсирда атомлар уйғонган юқори ҳолатга ўтади.



Маълум муддатдан сўнг улар яна илгариги асосий ҳолатга қайтади.



Унда **спонтан** нурланиш ҳосил бўлади. Спонтан ўтишда спонтон нурланиш ҳосил бўлади. Агар ташки электромагнит майдон билан ўзаро таъсирлашса индукцион нурланиш ҳосил бўлади. Бунинг учун бирор бир **спонтон** ўтиш кванти уйғонган ҳолатдаги атом ёнидан ўтиш лозим. Индукцияланган нурланиш когерент ҳисобланади.

Ана шундай спонтан ва индукцион нурланишлар йиғиндисидан **лазер нурланишни** ҳосил қилади.

Уйғонган ҳолатдаги атомлар уйғонган асосий ҳолатга нурланиш чиқармасдан ҳам ўтиши мумкин.

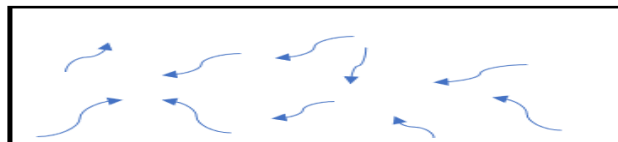
Бу ҳолатда уйғонган ҳолатдаги атомлар ўзларининг ортиқча энергиясини **кристалл панжарага** беради ва ўзи асосий ҳолатга ўтиб кетади.

Бундай ўтишнинг лазер нурланишга ҳеч қандай аҳамияти йўқ.

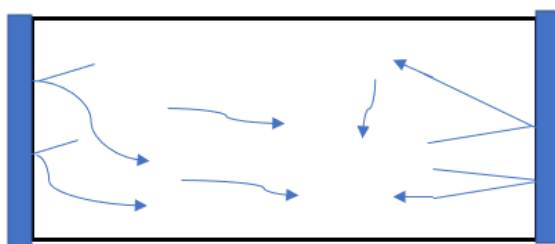
Спонтан нурланиш кванти ёрдамида ҳосил бўлган индукцион нурланиш кванти спонтон нурланиш кванти билан бир хил частотага (энергияга) эга бўлади ва у билан бир хил йўналишда ҳаракатланади.

Жуда кўп спонтон ва индукцион квантлар пайдо бўлади. Уларни бир йўналишда ҳаракатлантириш учун маълум бир қурилмадан фойдаланилади.

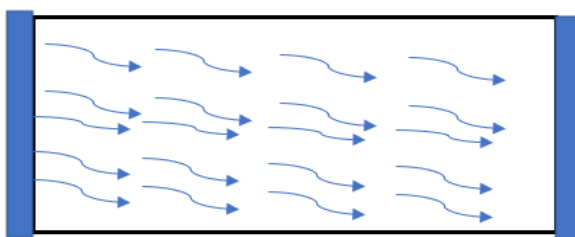
Улар **Резанаторлар** деб аталади. Актив элемент ичида у квантлар тартибсиз ҳаракат қилади.



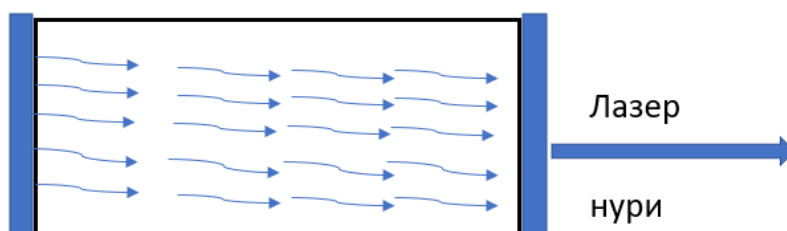
Актив элемент ичидаги бу тартибсиз ҳаракат қиладиган квантларни бир йўналишга йўналтириш учун актив элемент учларига резанаторлар ўрнатилади.



Резанаторлар худди ойна шаклда квантларни йўналишни ўзгартириб туради ва маълум муддатдан сўнг квантлар бир хил йўналишга эга бўлади.



Резанаторларнинг бирида унинг қалинлиги жуда кичик бўлган қисми мавжуд бўлиб иккита резанатор орасида ҳаракатланиб ўзаро биргаликда кучли квант оқими ҳосил қилган ва ўша юпқа тешикчага тўғри келган квантлар оқими тешикча орқали ташқарига чиқади ва тўғри чизик бўйича йўналган бир хил частотали-монохроматик нур-лазер нурланиш ҳосил қилади.



Лазер нурланишнинг энг асосий хусусияти-бир тўғри чизик бўйича йўналган монохроматик (бир хил частотали) нур ҳисобланади. Лазер нурининг частотаси қанча катта бўлса унинг эниргияси ҳам шунчалик катта бўлади .

$$E = h \nu$$

Шу сабабли спонтон нурланиш пайтида қанчалик юқори частотали квант ҳосил бўлса, ҳосил бўладиган лазер нурининг энергияси шунча юқори бўлади.

Спонтон нурланиш частотаси юқори бўлиши лазер қурулмасидаги **актив элемент**нинг хусусиятига боғлиқ. Лазер қурулмалари ўзларининг актив элементи қандай бўлишига қараб 4 та гуруҳга бўлинади.

- Қаттиқ жисимли лазерлар
- Ярим ўтказувчи лазерлар
- Газли лазерлар
- Суюқликли лазерлар
- Шунингдек лазерлар ўз иш принципига қараб 2 турга бўлинади
- Узуксиз лазерлар
- Импульсли лазерлар

1.5. ОПТИК КВАНТ ГЕНЕРАТОРЛАРИ ХАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Электромагнит тўлқинларнинг кўзга кўринувчи қисми ёруғликнинг сфераси бўйича тарқалишини бошқариш асосида уни тўғри чизик бўйлаб йўналиши бўйича монохроматик яъний бир хил частотали тарзда тарқалишини таъсир қилиш олимлар олдида турган ва бир неча асрлардан буён орзу қилиб келган ва ечилиши лозим бўлган вазифа (муаммо) XX-асрнинг ўрталарида ўз ечимига эга бўлди.

Ёши улуғ инсонлар XX-асрнинг олтмишинчи йилларда киноэкранларда номойиш қилинган «Гариннинг гипербалонди» деб аталган фантастик фильмни эсга олишади. Бу фильмда ёруғлик нурларининг бир тўғри чизик бўйлаб йўналганлиги ва катта қувватга эга бўлган ёруғлик оқими тарзида тарқалиши асосида яратилган қурол «Гипербалоид» деб аталадиган ҳарбий қурилма иш принципи ва қўлланиши намойиш қилинади.

Замонавий физиканинг ривожланиши асосида ана шундай хусусиятга эга бўлган лазер (мазер) қурилмалари яратилди.

Инглиз тилида қўйидагилар:

“Light applicatsion by stimulited of emission of radiation”

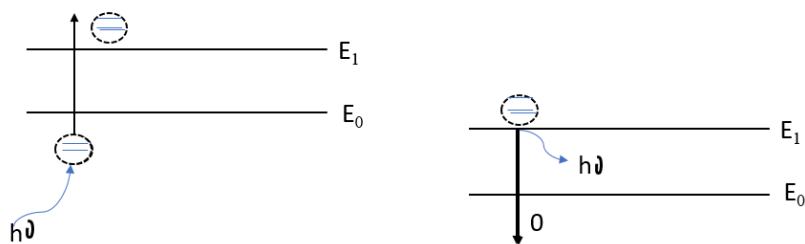
Сўзларининг ўзбек тилида эса **«Мажбурий нурланиш асосида ёруғликни кучайтириш»** деб аталадиган жумланинг бош ҳарфлари йиғиндиси сифатида **“Лазер”** деб аталадиган физик қурилма яратилди. Бу қурилма ёрдамида бир тўғри чизик бўйлаб тарқаладиган ва частотаси бир хил (монохроматик) бўлган електромагнит нурланиш ҳосил қилиб, тарқалади. Ишлаш частотаси анча кичик бўлган (Microwave) ҳолда ишлайдиган қурилма эса “Мазер” деб аталади.

Бу янгиликларнинг авторлари Н.Басов, А.Прохоров, ҳамда америкалик олим Ч.Таунслар ушбу янгиликлари учун 1964 йилда Нобель мукофотига сазовор бўлдилар.

Кўзга кўринувчи нурнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши ва монохроматик характерга эга бўлиши ядровий реакциялар ёрдамида ҳосил қилинади.

Маълумкий атомлар ташқаридан энергия олиб уйғонган ҳолатга ўтса ва маълум бир вақтдан кейин атом асосий ҳолатга қайтиб ўтишида ўзидан ортиқча энергияни нурланиш (фотон) кўринишида чиқаради.

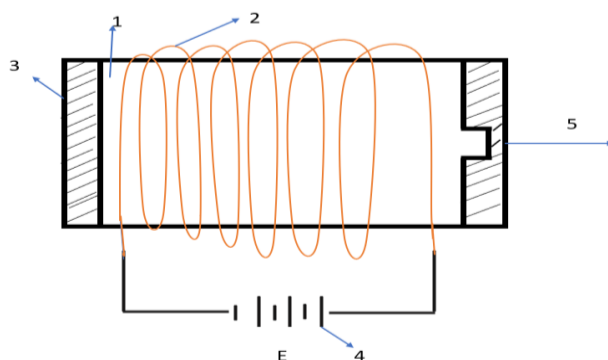
Бу схематик ҳолда қўйидагичадир:



Ушбу кўринишдаги нурланиш ҳосил бўлиши—**Спонтан** нурланиш деб аталади. Ушбу нурланишни янада қўшимча ўзгартирилиши ва унга “**Индукцион**” нурланиш ҳам қўшилиши натижасида лазер нурланиши кашф қилинди. “Индукцион” нурланиш деганда-**Спонтан** нурланиш натижасида ҳосил бўлган нурланиш фотони уйғонган ҳолатдаги бошқа атомлар ёнидан ўтиб кетса бу атомлар ҳам шу йўналишга эга, шундай энергияли нурланиш (фотон) чиқаради.

Натижада спонтан ва индукцион нурланиш биргаликда монохроматик ва бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган нурланиш (фотонлар оқимини) ҳосил қилинади.

Биринчи шундай хусусиятга эга бўлган қурилма рубин кристалли лазер деб аталади ва қўйидаги схематик кўринишга эга:



Схемада:1-лазер нури ҳосил қилувчи актив элемент ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$)-рубин кристалли, 2-Атомларни асосий ҳолатдан уйғонган ҳолатга ўтказувчи энергия манбаи -ёруғлик манбаи.

3- Резонаторлар

4-Ёруғлик манбаининг ток берувчи манбаси

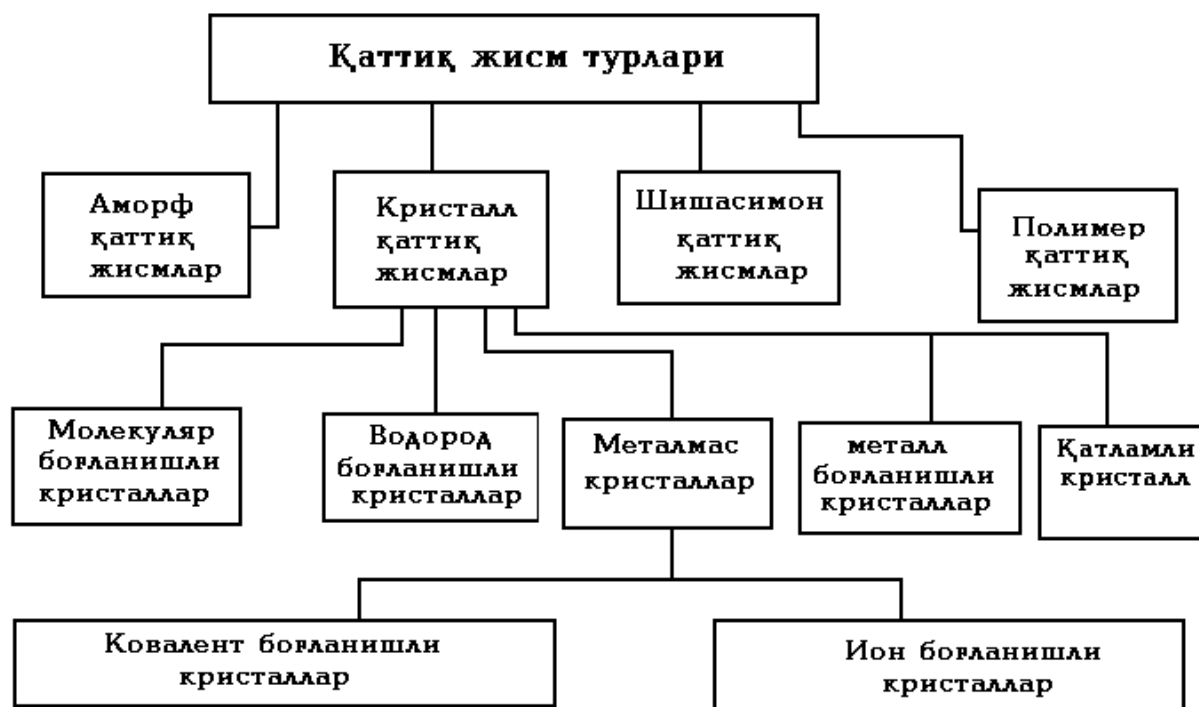
5- Ҳосил бўлган лазер нури.

Ҳозирги вақтда актив элементлар қаттиқ жисм, ярим ўтказгич, газ ва суюқлик бўлган 4 (тўрт) хил лазерлар мавжуд бўлиб, уларнинг турлари 1000 дан ортиқдир .

II - БОБ. ЛАЗЕРНИНГ ТУРЛАРИ.

2.1. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ТУРЛАРИ

қаттиқ жисмлар деб нормал шароитда ўзининг ўлчами ва шаклини сақлай оладиган моддаларга айтилади.



Кристалл қаттиқ жисмларда уларни ташкил қилувчи атом ва молекулалар қатъий тартиб билан жойлашади. Агар бу тартиб икки қўшни атом ёки молекула орасидаги масофадан бир қанча марта катта бўлган масофаларгача сақланса уни узок тартиб деб аталади. Кристаллар аниқ суюлиш температурасига (нуктасига) эга бўлади.

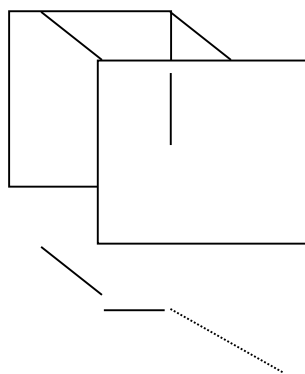
a, b, c ; α, β, γ – катталиклар кристалл панжарани характерловчи параметрлардир.

Кристалл жисмлар монокристалл ва поликристалларга бўлинади.

Яқин тартиби мавжуд бўлиб, узок тартиби бўлмаган моддалар аморф жисмлар дейилади.

Оптик хусусиятига қараб аморф жисмлар шишасимон жисмларга ҳам бўлинади.

Кристални ташкил қилувчи зарралар мувозанат нуқталари атрофида тебранма ҳаракатда бўлади. Ушбу мувозанат нуқталарни фикран бирлаштирсак кристалл панжараси ҳосил бўлади. Мувозанат нуқталари эса кристалл панжара тугунлари деб аталади.



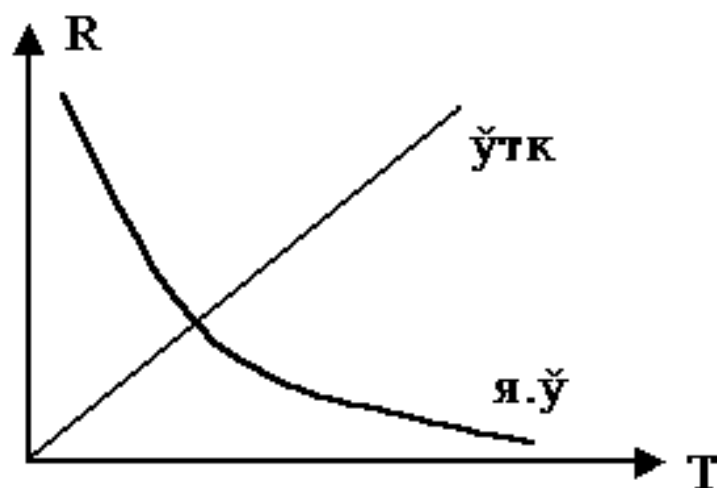
Кристалл панжарасининг тузилиши қиёфасини сақлаган энг кичик бўлаги элементар катак (ячейка) дейилади.

Кристаллнинг \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} векторларга асосий (трансляцион) векторлар деб аталади. Бу трансляцион векторлар ёрдамида чексиз кристални $\vec{r} = n_1\vec{a} + n_2\vec{b} + n_3\vec{c}$ вектор бўйлаб кўчирсак кристал ўз-ўзига устма-уст тушади. (n_1, n_2, n_3 – бутун сонлар).

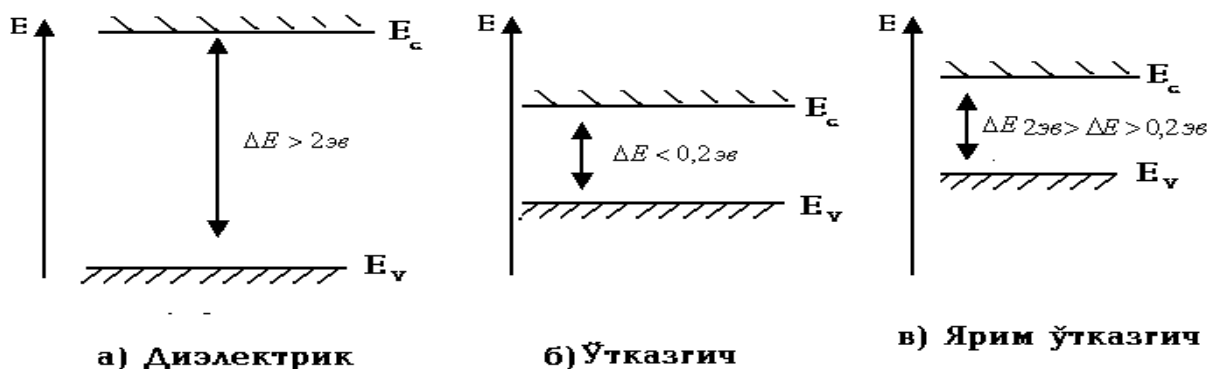
Кристаллар ўзларининг электрик хоссаларига кўра ўтказгичлар (металлар), ярим ўтказгичлар ва диэлектрикларга бўлинади. Электр қаршилиги 10^{10} ом. см. дан катта бўлган моддалар диэлектриклар дейилади.

Электр қаршилиги 10^{18} ом. см. дан 10^{-4} ом.см. гача бўлган моддалар ярим ўтказгичлар дейилади. Электр қаршилиги 10^{-4} ом.см. дан кичик бўлган моддалар ўтказгичлар (металлар) дейилади.

Кристалл жисмларнинг ўтказгич ва ярим ўтказгич жисмларининг электр қаршилиги ташқи температурага боғлиқ бўлиб қуйидагича ўзгаради:



Бу материалларда тақиқланган зоналарнинг кенглиги ҳам ҳар хил бўлади:



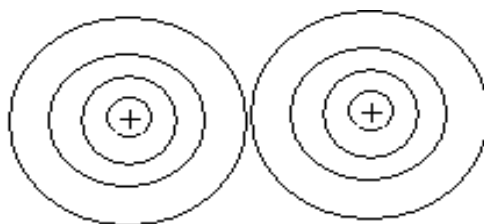
2.2. КРИСТАЛЛАРНИНГ ТУРЛАРИ.

Кристалл панжара тугунларида атомлар, ионлар ёки молекулалар қандай кучлар ёрдамида тутиб турилади? Уларнинг табиати қандай? Шулар ҳақида маълумот берамиз.

-Металл боғланишли жисмларда атомлар бир-бирдарига жуда яқин жойлашади ва электрон булутлари ўзаро киришиб кетади. Натижада валент электронлар бир атомдан иккинчи атомга эркин ҳаракат қили бўта олади.

Улар бутун металл бўйлаб ҳаракат қилиб юриши мумкин. Улар эркин электронлар (ўтказувчанлик электронлари) ёки металнинг электрон «гази» деб аталади. Металнинг кристалл панжарасидаги атомлари ана шу умумлашган

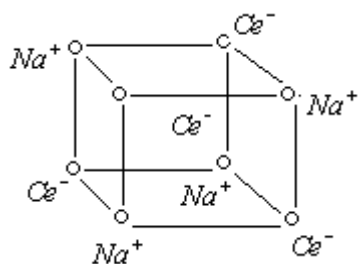
электронлар орқали ўзаро таъсирлашади ва уларни панжара тугунларида тутиб туради.



Металл атомлари жуда ҳам зич жойлашган бўлади ($K=12, k=8$). Металл кристал панжараси ташқи температура таъсирида тузилишини ўзгартириб туради.

Бундай хусусияти кристалл полиморфизми дейилади. Металлар кристалл панжарасининг $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ деб номланган турғун турлари мавжуд бўлиб, улар турли температура ораликларида турғун ҳолатда бўладилар.

-Ион боғланишли кристалларда панжара тугунларида манфий ва мусбат ионлар жойлашган бўлиб, улар орасида таъсир кучлари қуйидагича бўлади. Бир хил ишорали ионлар орасидаги масофа ҳар хил ишорали ионлар орасидаги масофадан катта бўлади.



Шунинг учун тортишиш кучи итариш кучидан катта бўлади.

Ионлар атрофида энг яқин жойлашган қўшнилар сони-координацион K сон деб аталади.

K -ионларнинг радиусига боғлиқ: $K = \frac{r_A}{r_B}$:

Координацион сон.	12	8	6	4	2
$\frac{r_A}{r_B}$ нинг қиймати	$\frac{r_A}{r_B} = 1$	$1 > \frac{r_A}{r_B} > 0,73$	$0,73 > \frac{r_A}{r_B} > 0,41$	$0,41 > \frac{r_A}{r_B} > 0,22$	$0,22 > \frac{r_A}{r_B} >$

Мисол: Ош тузи ($NaCl$) ва $r_{Na} = 0,98A^0$ ва $r_{Cl} = 1,81A^0$ Демак $\frac{r_A}{r_B} = \frac{0,98}{1,81} = 0,54$, у

холда координацион сон $K=6$ бўлади. Шундай қилиб $NaCl$ да ҳар бир ионни 6 та ион ўраб туради. Ион кристалларида температуранинг ошиши билан мусбат ионнинг эффектив радиуси манфий ионниқига қараганда тез катталашади. Натижада K нинг қиймати ўзгаради ва структура тузилиши ўзгаради. Масалан $CaCl_2$ ва $RbCl$ да температура ошиши структурани ОЦКС дан оддий кубга айлантиради.

KCl , $CaCl_2$, $RbCl$ ларда тесқариси оддий куб \rightarrow ОЦКС га ўтади. Ион кристаллар паст температураларда электр тоқини яхши ўтқазмайди. Ион кристаллар сувда эритилганда улар мусбат ва манфий ионларга парчаланайди.

1 Молекуляр кристалларда Ван-Дер-Ваалс кучлари мавжуд бўлиб, улар жуда заифдир. Улар уч хил бўлади:

а) Кристалдаги молекулалар қутби, яъни молекуланинг диполь ёки квадруполь моменти нолдан фарқли бўлса, кристалл молекулалари ўзаро ориентацион кучлар билан таъсирлашади. Бу кучлар молекулаларни маълум бир йўналишга буришга ҳаракат қилади шунинг учун ориентацион куч дейилади.

б) Кристалл қутбли ва қутбсиз молекулалардан ташкил топган бўлса, уларнинг молекулалари орасида ИНДУКЦИОН (поляризация) таъсир кучлари пайдо бўлади. қутбли молекула ўз атрофида электр майдон ҳосил қилади. Бу таъсирида қутбсиз молекула қутбланади ва унда индукцияланган диполь моменти ҳосил бўлади.

в) қутбсиз молекулалар орасида дисперсион кучлар деб аталадиган Ван-Дер-Ваалс кучлари мавжуд бўлади.

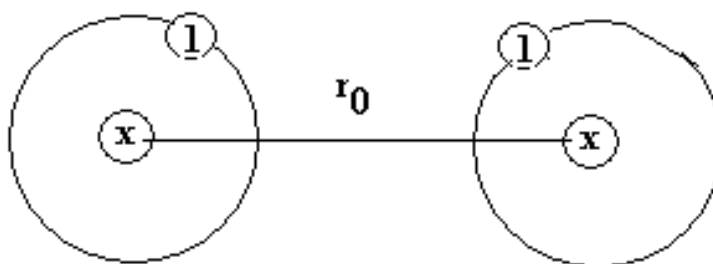
қутбсиз молекулаларнинг диполь моментлари ўртача нолга тенг бўлса ҳам, вақтинг жуда қисқа бўлақларида молекулалардаги электронлар булути симметрияси бузилиб туради. Натижада қисқа вақтда молекула маълум бир диполь моментига эга бўлади. бу диполь моменти бошқа молекулаларда

индукцион диполь моменти ҳосил қилади, натижада ўзаро таъсир кучлари пайдо бўлади.

бу кучларнинг дисперсион деб аталиши моддадаги ёруғликнинг дисперсияси ҳам молекулаларнинг юқорида келтирилган хоссаларига боғлиқлигидир.

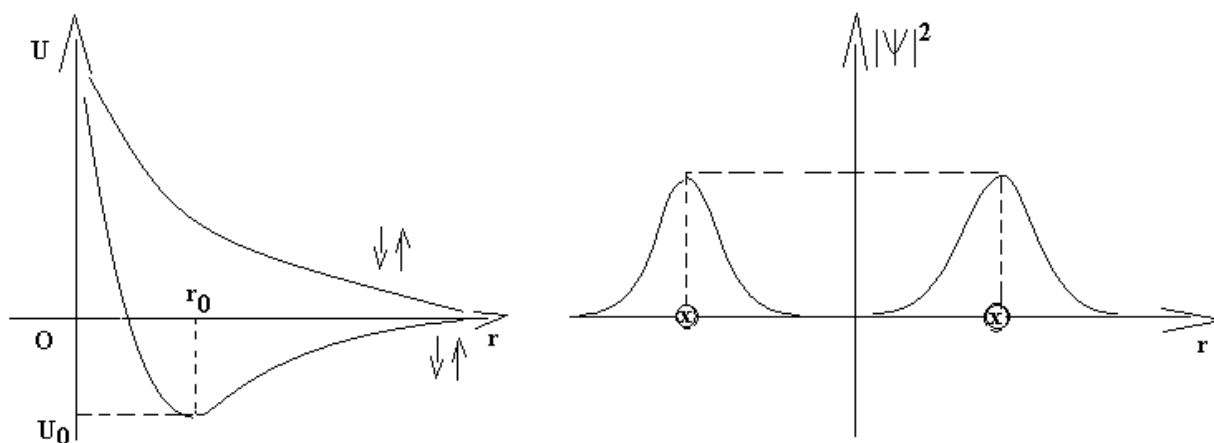
Молекуляр кристаллар: N_2 , Se_2 , Br_2 , I_2 , CO_2 , H_2O .

-Ковалент боғланиш икки қўшни атомлар орасида умумий валент электронлари бўлиши билан тушунтирилади. Газ ҳолатдаги H_2 , O_2 молекулаларидаги атомлар ҳам ковалент боғланишга эгадир.



Боғланиши ҳосил қилишда ҳар битта атомдан биттадан электрон иштирок этади.

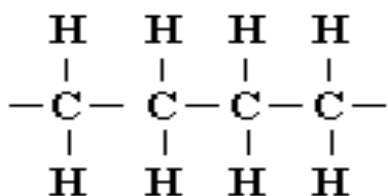
Ковалент боғланишнинг энг мухим белгиларидан бири-уларнинг тўйинган боғланиши эканлигидир, яъни уларда ҳар бир боғда иккитадан электрон қатнашади. Уларнинг спинлари қарама-қарши йўналган бўлади.



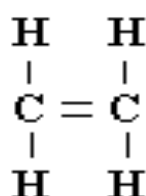
Ковалент боғланиш фақатгина бир хил атомлар орасида эмас, балки ҳар хил атомлар ўртасида ҳам мавжуд бўлади.

Мисол: SiC , AlN . Кўп ҳолларда Менделеев даврий системасининг II, III, IV, V гуруҳ элементлари ковалент боғланиш ҳосил қилади.

-Водород боғланишли кристалларда водород атоми бир молекула билан кимёвий боғ ҳосил қилган ҳолда иккинчи молекула билан ҳам таъсирлашади, кутбланган водород атоми иккинчи молекулада ҳам диполь моменти индукциялайди ва натижада етарли даражада кучли боғланиш ҳосил бўлади.



Этилен гази



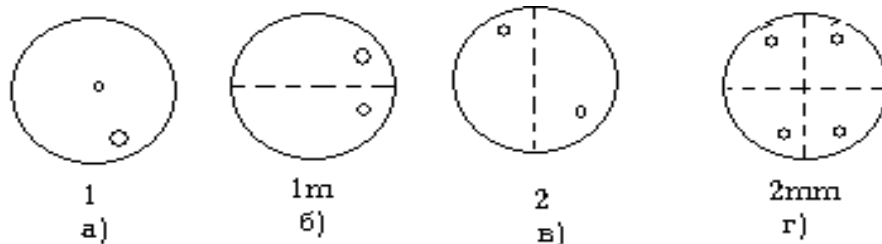
Полиэтен молекуласи

2.3. КРИСТАЛЛ ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ

Кристаллар элементар ягейкалардан тузилган уларнинг параметрлари: \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} , α , β , γ .

Тарнсляцион векторлар ёрдамида чексиз кристални $\vec{r} = n_1\vec{a} + n_2\vec{b} + n_3\vec{c}$ вектор бўйлаб кўчирсак кристалл ўз-ўзига устма-уст тушади. Такрорланувчи атомлар гуруҳини базис деб аталади.

Симметрия деганда жисмнинг устида маълум бир амалларни (буриш, силжитиш, акслантириш) бажарганимизда жисм ўз-ўзига астма-уст тушиши ва барча йўналишларда физик хоссаларининг аввалгидек ўзгаришсиз қолишини тушунамиз. Мисол:



а-расмдаги шаклнинг бирор ўқга ёки текисликга нисбатан симметрияси йўқ. Ушбу шакл фақат 360° бурчакга бурилганда ўз-ўзи билан устма-уст тушади. Бундай куйи симметрияга эга бўлган жисмларни халқаро

белгиланишда 1 рақамии билан белгиланади ва шакл биринчи тартибли симметрия ўқиға эға дейилады.

б-расмдаги шакл эса узоқ-узук чизик билан тасвирланган текисликға нисбатан симметрик бўлады, ва у шакл симметрияси 1m кўринишида бўлады.

в-расмдаги шаклни 180^0 га маълум бир ўқ атрофида бурганимизда устма-уст тушади. 360^0 бурганда у икки марта устма-уст тушади. Демак иккинчи тартибли симметрия ўқиға эға-2.

г-расмдаги шакл эса иккинчи тартибли симметрия ўқиға ва икки симметрия текислигиға эға, яъни-2mm.

Кристаллар $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \alpha, \beta, \gamma$. *қийматига қараб 7 та катта гуруҳға бўлинади ва улар кристалл сингониялари деб аталади:

1. Триклин $a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma$
2. Моноклин $a \neq b \neq c; \alpha = \beta = 90^0 \neq \gamma$
3. Ромбик $a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^0$
4. Тетрогонал $a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^0$
5. Кубик $a = b = c; \alpha = \beta = \gamma = 90^0$
6. Тригонал $a = b = c; \alpha = \beta = \gamma \neq 90^0 < 120^0$
7. Гексогонал $a = b \neq c; \alpha = \beta = 90^0, \gamma = 120^0$

Кристалл панжарасининг мумкин бўлган 14 хил трансляцион симметрия амали мавжуд. Ҳар бир трансляцион симметрия амалиға битта элементар катакни мос кўйиш мумкин. Натижада 14 хил элементар катак ҳосил бўлады, улар Браве панжаралари деб аталади.

2.4. КРИСТАЛЛ ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРДА ИССИҚЛИК ҲОДИСАСИ.

Қаттиқ жисмларнинг иссиқлик сиғими деб температура бир градусға ўзгарганда унинг ички энергияси ўзгариши миқдорига айтилады. У қуйидагиға тенг:

$$C = \frac{dE}{dT}.$$

Жисмнинг ҳажми ўзгармас бўлганда ($V = const$) иссиқлик сиғими:

$$C_v = \left(\frac{dE}{dT} \right)_{V=const}, \text{ босим ўзгармас бўлганда эса: } C_p = \left(\frac{dE}{dT} \right)_{P=const} \text{ бўлады.}$$

Одатда, температура ўзгарганда кристалл қаттиқ жисмларнинг ҳажми кам ўзгарганлиги туфайли уларнинг иссиқлик сиғими C_v деса бўлади. (Хона температурасида C_p сиғим C_v сиғимдан $\sim 3-5\%$ чамаси ортиқ холос).

Демак грамм молекуляр (моляр) иссиқлик сиғим:

$$C_\mu = C_v = \frac{dE}{dT} = 3 \cdot R \approx 6 \text{ кал/мол} \cdot \text{град. бўлади.}$$

бир атомли кристалл қаттиқ жисмнинг моляр иссиқлик сиғими $6 \text{ кал/мол} \cdot \text{град.}$ бўлиши керак. Бу қонунни Дьюлонг-Пти қонуни дейилади. қуйидаги жадвалда баъзи моддаларнинг иссиқлик сиғими берилган:

Моддалар	C_μ кал/мол·град.	Моддалар	C_μ кал/мол·град.
Алюминий	6.14	Платина	6.29
Темир	6.39	Кумуш	6.13
Олтин	6.36	Рух	6.10
Мисс	5.90	Йод	6.60
калай	6.63		

Икки атомли кристаллар учун C_μ бир атомли кристалларникидан 2 барабар, яъни $C_\mu = 12 \text{ кал/мол} \cdot \text{град.}$ чунки буларнинг бир граммоли энергияси 2 барабар кўп, уч атомли кристаллар учун $C_\mu = 18 \text{ кал/мол} \cdot \text{град.}$ бўлиши керак. Бир қатор кристаллар учун ўлчашлар мос қийматларни беради.

Моддалар	C_μ	Моддалар	C_μ
CuO	11.3	$CaCe_2$	18.2
$NaCe$	12.1	$BaCe_2$	18.6

Квант назариясига асосан паст температураларда Дьюлонг-Пти қонунидан четлашиш кузатилади, аниқроғи иссиқлик сиғимининг камайиши кузатилади.

Мисол:

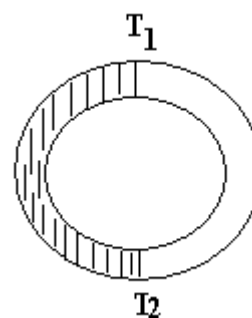
Мисс		Олмос	
Температура, °C	C_{μ}	Температура, °C	C_{μ}
-259	0,04	-183	0,03
-186	3,32	-66	0,64
-39	5,59	185	2,12
150	5,90	1985	5,51

1821 йил Зеебек эффекти очилган. Икки хил ўтказгич учлари кавшарланиб, уларнинг учларининг температураси ҳар хил бўлса, бу ўтказгичда термо Э.Ю.К. ҳосил бўлади: $\varepsilon = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$

α -термо Э.Ю.К. коэффициенти:

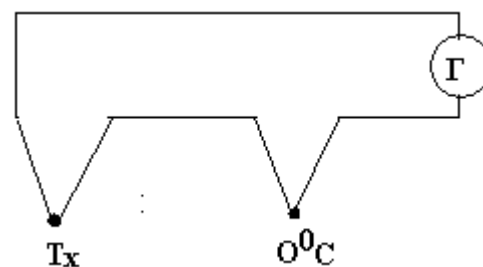
$$\alpha_{\text{укт.}} - 10^{-4} \div 10^{-5} \text{ в / град}$$

$$\alpha_{\text{я.у.}} - 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ в / град}$$

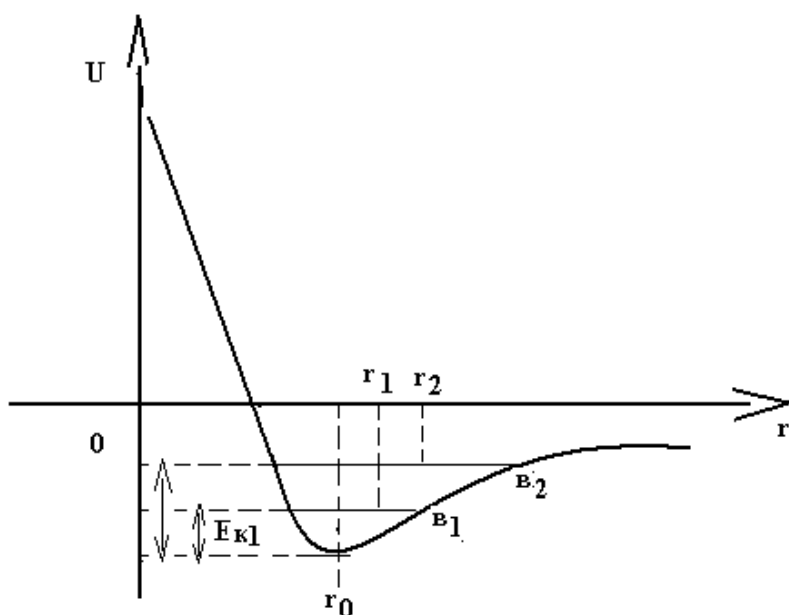


Бу Зеебек эффектига асосан термопара яратилган (А.Ф.Иоффе).

қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайишини тушинтириш учун қаттиқ жисм зарраларининг ўзаро таъсир энергиясининг улар орасидаги масофага боғлиқлиги чизмасига мурожот қиламиз:



Агар зарралар ўз мувозанат вазиятларида мутлоқо ҳаракатсиз бўлса



уларнинг кинетик энергияси нолга тенг бўлар ва улар орасидаги масофа r_0 га тенг бўлиб, потенциал чуқурнинг тубида жойлашган бўлар эди. Бу абсолют ноль температурада бўлиши мумкин эди.

Аммо, ҳақиқатда зарралар ўз мувозанат вазиятлари атрофида тебраниб турадилар, яъни муайян кинетик энергияга эга

бўлади. температура ортиши билан бу кинетик энергия ҳам ортиб боради. T_1 температурада зарра E_{k1} кинетик энергияга эга бўлиб, чапга a_1 нуктага, ўнгга b_1 нуктага четлашади. Потенциал эгри чизиқнинг носимметриклиги туфайли тебранаётган зарранинг ўртача вазияти энди r_0 га тенг бўлмай, ундан ўнгга силжиб r_1 қийматга эришади.

Температуранинг T_2 гача оширилса, зарранинг кинетик энергияси E_{k2} юқори қийматни олади. Бунда зарра чапга a_2 нуктагача, ўнгга ва нуктагача четлашади, ўртача вазият эса r_2 қийматга эришади. Шундай қилиб, температура ортиб борганида кристалл панжараси тугунлари оралиғи ортади, яъни иссиқликдаг кенгайиш ($r_2 > r_1 > r_0$) юз беради.

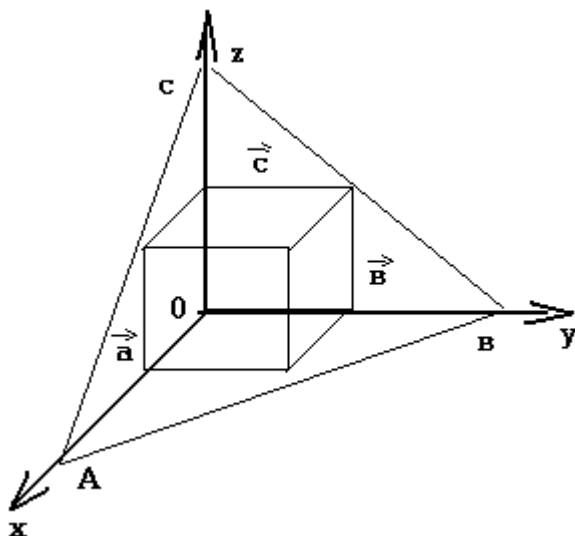
Иссиқликдан кенгайиш $V_t = V_0(1 + \alpha \cdot t)$, бу ерда α -иссиқликдан кенгайиш коэффициенти дейилади. Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти α нинг атомлар (моляр) C_v иссиқлик сифимига нисбати мазкур модда учун температурага боғлиқ бўлмаган доимийдир:

$$\frac{\alpha}{C_v} = \frac{\gamma \cdot k}{3V} \text{ Грюнейзен қонуни дейилади.}$$

Ҳақиқатдан, бу икки ҳодиса температура ортганда атомлараро масофа ортишига боғланган.

Шундай қилиб, хулоса қилиб айтилса, каттик жисмлардаги барча ўзгаришлар температурага боғлиқ бўлади.

Кристалларнинг анизотропияси, уларда турли йўналишларда физик хоссаларнинг турлича бўлиши, шу йўналишларни фарқлаш учун маълум белгилашлар зарур эканлигини еўрсатади.



Бизга (ABC) текислик индексини топиш керак бўлсин. Координата ўқлари билан шу текислик кесишган жойларини аниқлаб оламиз:

$$m = \frac{OA}{a}; \quad n = \frac{OB}{b}; \quad p = \frac{OC}{c}$$

Энди шу текислик учун Миллер индекслари деган катталиқни аниқлаш мумкин. Унинг учун (m, n,

p) сонларининг тескари нисбатлари ёзилади, яъни $\frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{p}$ ваз у нисбатга тенг

бўлган энг кичик бутун сонлар ёзилади, яъни $h : k : l = \frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{p}$. Ушбу (h, k, l)

сонлар ABC текисликнинг Миллер индекслари дейилади.

Мисол: Бирор текислик учун $m=1, n=1/2, p=1/3$ бўлсин у ҳолда $h : k : l = \frac{1}{1} : \frac{1}{1/2} : \frac{1}{1/3}$ яъни $h=1, k=2, l=3$ бўлади. Демак шу текислик (1 2 3) кўринишида белгиланади.

2.5. ИДЕАЛ КРИСТАЛЛ ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРДА ЭЛЕКТРОНЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯЛАРИ СПЕКТРИ.

Кристалл қаттиқ жисмларда зарраларнинг энергетик спектри ва координаталарини топиш учун Шреденгер тенгламасини ечиш керак. Стационар ҳолат учун Шреденгер тенгламаси қуйидагича кўринишга эга:

$$\hat{H} \psi = E \psi$$

бу ерда \hat{H} - Гамильтон оператори, E - хусусий энергия, ψ - тўлқин функция.

Гамильтон оператори 5 та ҳаднинг йиғиндисидан иборат:

$$\hat{H} = \hat{K} + \hat{T} + \hat{H} + \hat{U} + \hat{V}$$

бу ерда: \hat{K} - Электронларнинг кинетик энергия оператори.

\hat{T} - Ядроларнинг кинетик энергия оператори.

\hat{H} - Электронларнинг потенциал энергия оператори.

\hat{U} - Ядроларнинг потенциал энергия оператори.

\hat{V} - Электронлар ва ядроларнинг ўзаро таъсир потенциал энергия оператори.

Тўлқин функцияси ψ ва Гамильтон оператори ҳадлари зарраларнинг координатасига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\psi(r_1, r_2, r_3, \dots, r_n, R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)$$

$$\hat{K}(r_1, r_2, \dots, r_n), \hat{T}(R_1, R_2, R_n), \hat{U}(r_1, r_2, \dots, r_n),$$

$$\hat{U}(R_1, R_2, R_n), \text{ ва } \hat{V}(r_1, r_2, \dots, r_n, R_1, R_2, R_n),$$

шунинг учун Шреденгер тенгламасида жуда кўп, чексиз ўзгарувчилар мавжуд, шу сабабли бу тенглама ечимга эга эмас. Чунки тенглама битта, ўзгарувчилар эса бу тенгламада чексиз кўп. Бизга маълумки битта тенгламада битта ўзгарувчи бўлса бундай тенгламани ечса бўлади.

Шреденгер тенгламасини ечиш учун ундаги ўзгарувчилар сонини камайтириш лозим. Бунинг учун эса яқинлашиш методларидан фойдаланилади.

Биринчи қўлланиладиган яқинлашиш методи-адиабатик яқинлашиш методи деб аталади. Бу усулнинг физик моҳияти қуйидагича: Барча атомлар электронлар ва ядролардан тузилган.

Улар учун: $m_e \ll M_y$ ва $\mathcal{G}_e \gg \mathcal{G}_y$. Шундан келиб чиқиб атомлардаги ядролар электронларга нисбатан тинч турибди деб қаралади. Бу ушбу адиабатик методнинг асосий шартидир. У ҳолда шартга асосан ядроларнинг кинетик энергия оператори нолга тенг бўлади, яъни $\hat{T} = 0$ ва $R_1, R_2, \dots, R_n = const$. Ядроларнинг потенциал энергия оператори фақат битта ўзгармас қийматга эга бўлиб қолади, яъни $\hat{U} = const$. Энергия ҳисоби бошини ўзгартириб \hat{U} ни ҳам нолга тенгласа бўлади.

Демак у ҳолда Шреденгер тенгламаси қуйидаги кўринишга келади:

$$\left(\hat{K} + \hat{U} + \hat{V} \right) \psi = E \cdot \psi \text{ Лекин бу ҳолда ҳам тенгламада жуда кўп ўзгарувчилар бор.}$$

Улар электронларнинг координаталаридир. Энди шу ўзгарувчилар сонини ҳам камайтириш зарур, акс ҳолда бундай тенгламани ечиб бўлмайди. Бунинг учун валент аппроксимация усули қўлланилади. Бу усулнинг моҳияти қуйидагича.

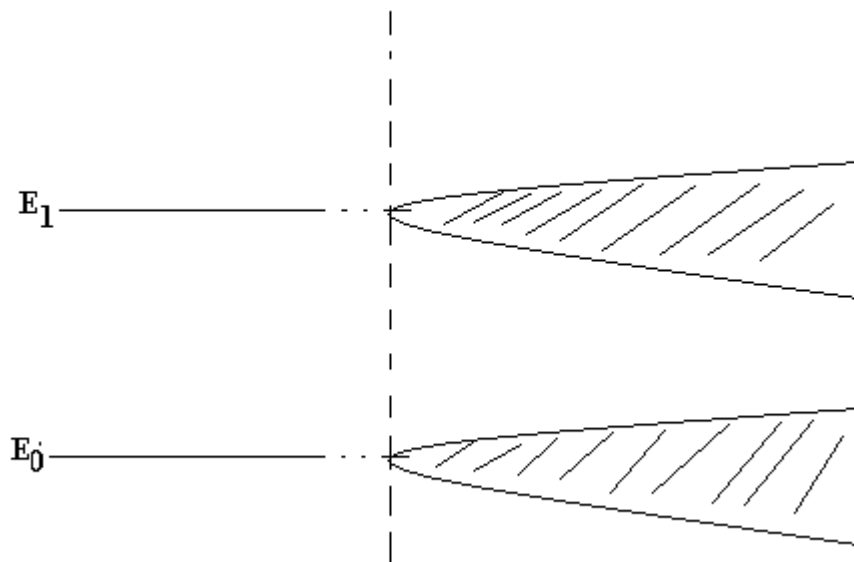
Атомлардаги барча ички орбиталардаги электронлар ядро билан биргаликда тинч турибди ва фақат валент электрон қобиғидаги (яъни энг ташқаридаги орбитадаги) электронлар ҳаракат қилаяпти деб қабул қилинади. Бу ҳолда фақат валент электронларнинг координаталари ўзгарувчи бўлади. Демак Шреденгер тенгламаси $(\hat{K} + \hat{U} + \hat{V})\psi = E \cdot \psi$ да фақат валент электронлар координаталари ўзгарувчи бўлади. лекин кристалл панжарадаги атомларда чексиз кўп валент электронлар мавжуддир. Шунинг учун ҳам Шреденгер тенгламасини валент аппроксимация методи билан ҳам ечиб бўлмайди, лекин ечимга анча яқинлашиш имконияти ҳосил бўлди. Ечимни топиш (ечиш) учун бир электронли яқинлашиш методи қўлланилади. Унга асосан кристалл панжарадаги барча электронлар умумлашган майдонни ҳосил қилади. Бу майдонни ҳосил қилишда барча электронлар қатнашади ва ўзлари ҳам шу майдонда ҳаракат қиладилар. Шунинг учун бу майдон ўзаро келишилган майдон деб аталади. Бу ҳолда Шреденгер тенгламасини ҳар бир электрон учун алоҳида-алоҳида ёзса бўлади:

$$\left. \begin{array}{l} \hat{H}_1 \cdot \psi_1 = E_1 \cdot \psi_1 \\ \hat{H}_2 \cdot \psi_2 = E_2 \cdot \psi_2 \\ \text{-----} \\ \hat{H}_n \cdot \psi_n = E_n \cdot \psi_n \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Демак Шреденгер тенгламаси ўрнида ана шундай} \\ \text{тенгламалар системасига эга бўламиз.} \\ \text{Бу ҳолда тенгламалар ва ундаги ўзгарувчилар сони ўзаро тенг} \\ \text{бўлади.} \end{array}$$

Тенгламалар ва ундаги ўзгарувчилар сони ўзаро тенг бўлса, бундай тенгламалар системасини ечса бўлади.

Унинг ечими Блох функцияси кўринишида бўлади: $\varphi(\vec{r}) = u(\vec{r}) \cdot e^{ik\vec{r}}$

Демак кристалл панжара учун Шреденгер тенгламасининг ечими Блох функциясидир. Электронларнинг энергетик спектри рухсат берилган ва рухсат берилмаган зоналардан иборатдир. Ана шундан рухсат берилган ва тақиқланган зоналар мавжудлиги аниқ бўлади. уларнинг график кўриниши куйидагича:



Энергия қиймати ошиб бориши билан рухсат берилган зона кенглиги ошиб боради, тақиқланган зона кенглиги эса камаяди.

Идеал кристалл қаттиқ жисмларнинг электр хоссалари

Атомларнинг электронлари энергетик сатҳларидан таркиб топган энергетик зоналар қуйидагича бўлиши мумкин:

1. Тўла тўлдирилган зоналар.
2. Чала тўлдирилган зоналар.
3. Бутунлай бўш зоналар.

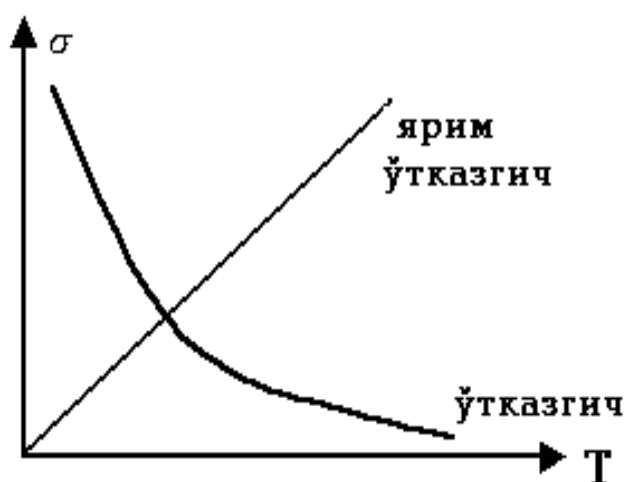
1. Тўла тўлдирилган зонадаги ҳар бир энергетик сатҳда спинлари қарама-қарши йўналган иккита электрон мавжуд бўлиб улар ўзаро қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилади. Улар электр ўтказувчанликда қатнашмайди. Чунки бунинг учун уларнинг жуфтларини ажратиш, юқори энергетик ҳолатга ўтказиш ва энг муҳими электронлар йўналишини электр майдонга мос равишда буриш, яъни уларнинг йўналган, тартибли ҳаракатини вужудга келтириш керак. Аммо тўла тўлдирилган зонада бўш сатҳлари йўқ. Электр майдон таъсир қилганда ҳам электронлар иккитадан ўз сатҳларида қарама-қарши ҳаракат қилишда давом этади. Шунинг учун улар ток ташишда қатнаша олмайди. Бундай зона Валент зонасидир.

2. Агар зона чала тўлдирилган бўлса, уни ўтказувчанлик зонаси дейилади. Бундай зона электронлари ток ташишда қатнашади. Улар эркин электронлар дейилади. Мазкур зонанинг юқори қисмида бўш сатҳлар бор. Пастки сатҳда жуфт-жуфт бўлиб жойлашган электронлар электр майдони таъсирида тезлашиб юқоридаги бўш сатҳларга кўтарилади, тезликлари йўналиши электр майдонга мос бурилади. Натижада зонадаги электронларнинг йўналган ҳаракати яъни ўтказувчанлик ҳосил бўлади.

3. Абсолют ноль температурада ($T = 0K$) ўтказувчанлик зонасидаги барча электронлар валент зонага қайтиб тушади ва ўтказувчанлик зонаси тўлиқ бўш бўлади.

Температура ошса ($T > 0K$) валент зонадаги электронларнинг бир қисми (ΔE) тақиқланган зонанинг энергетик тўсиғини енгиб юқорига ўтказувчанлик зонасига ўтади. Буни тасаввур қилиш учун суюқлик молекулаларининг буғ молекулаларига айланишига ўхшатиш мумкин.

каттик жисмлар ўзларининг электр ўтказувчанлигига кўра 3 га бўлинади:



- а) Ўтказгичлар.
- б) Ярим ўтказгичлар.
- в) Диэлектриклар.

Ўтказгич ва ярим ўтказгичлар ўзларининг электр ўтказувчанлиги бўйича бир-бирларига қарама-қарши ҳисобланади. Ўтказгичлар ўтказувчанлиги температурага тескари пропорционал бўлса, ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги температурага тўғри пропорционалдир.

2.6. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ МАГНИТ ХОССАЛАРИ

Моддаларнинг магнит хоссалари пайдо бўлиши қуйидагича тушунтирилади:

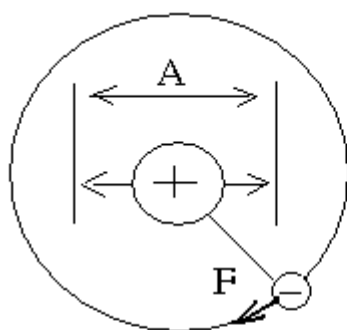
а) Атомлар ядродан ва улар атрофида айланмадан электронлардан иборатдир.

Орбита бўйлаб айланма ҳаракат қилаётган электронлар зарядли зарраларнинг бир томонга тартибли ҳаракатини эслатади. Демак орбита бўйлаб айланма ҳаракат қилаётган электрон ток моментини ҳосил қилади. Бу эса ўз навбатида магнит моментини ҳосил қилади.

б) Электрон орбита бўйлаб ҳаракат қилишдан ташқари ўз ўқи атрофида ҳам айланма ҳаракат қилади. Бу ҳаракат ҳам кичкина ток момент ива магнит моментини ҳосил қилади.

в) Атом ядролари ҳам ўз мувозонат вазиятлари атрофида тебранма ҳаракат қилади. Бу эса ўз навбатида магнит моментини ҳосил қилади.

Шундай қилиб қаттиқ жисмларни ташкил қиладиган атомлардаги кичик зарраларнинг ҳаракати туфайли ҳар бир атом кичкинагина магнит моментини ҳосил қилади. қаттиқ жисмларни ташкил қилган атомларнинг ана шундай магнит моментларининг йиғиндиси шу жисмнинг магнит хоссасини белгилайди.



Электроннинг орбитадаги ҳаракати ва ядронинг ўз мувозонат вазияти атрофида A амплитуда билан тебраниши.



Электроннинг ўз ўқи атрофида айланма ҳаракати.

Моддаларни ташқи магнит майдонига киритилганда улар ташқи майдонга таъсир кўрсатиб бу майдонларни сусайтиради ёки кучайтиради.

а) Моддаларнинг баъзилари ташқи майдонни сусайтиради. Ташқи \vec{H} майдон ва ички $A\vec{H}$ майдон йиғиндиси умумий майдонни ташкил қилади:

$$\vec{B} = \vec{H} + \Delta\vec{H} = \mu \cdot \vec{H}$$

\vec{B} -магнит индукция вектори деб аталади.

μ -магнит сингдирувчанлиги дейилади.

$\mu < 1$ бўлган моддалар диамагнитлар дейилади.

$\mu > 1$ бўлса моддалар парамагнитлар деб аталади.

$\mu \gg 1$ бўлса ферромагнитлардир.

Тўлмаган d ва f электрон қобикга эга бўлган металлларнинг барчаси парамагнитдир (C_r, M_n). Мис, висмут ва бошқа металллар диамагнитлардир. Ташқи магнит қўйилмаганда диамагнит моддалар атомлари ва молекулаларининг магнит моментлари нолга тенг бўлади. Шу туфайли электрон қобиклари тўлиқ тўлган атом ва молекулаларда диамагнетизмни кузатиш мумкин.

Ток ташувчи эркин электронлар ташқи магнит майдон таъсирида майдон йўналиши атрофида айланишига (прецессия) олиб келади. Бу айланиш йўналиши Ленц қондасига асосан аниқланиб, ҳосил бўлган магнит майдон ташқи майдонга тескари йўналади. Бу ҳодиса эркин электронларнинг Ландау диамагнетизми деб аталади.

Магнетиклар учун Кюри нуқтаси деб аталадиган температура T_c мавжуд бўлиб бу температурадан пастда парамагнетиклар ферромагнитга айланади (Fe, Ni)

2.7. ҲАҚИҚИЙ КРИСТАЛ ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРДАГИ НУҚСОНЛАР

Идеал ҳолдаги тоза кристалл мавжуд бўлмайди. Кристалларда албатта нуқсонлар мавжуд. Улар қуйидаги турларга бўлинади:

1. Нуқтавий (ноль ўлчовли) нуқсонлар. Уларга ўлчамлари $a > x$; $b > y$; $c > z$ бўлган нуқсонлар киради.
2. Чизиқий (бир ўлчамли) нуқсонлар. Уларнинг икки йўналишдаги ўлчамлари кичик бўлиб, учинчи йўналишдаги ўлчами ҳар қанча бўлиши мумкин. Шунинг учун чизиқий дейилади.

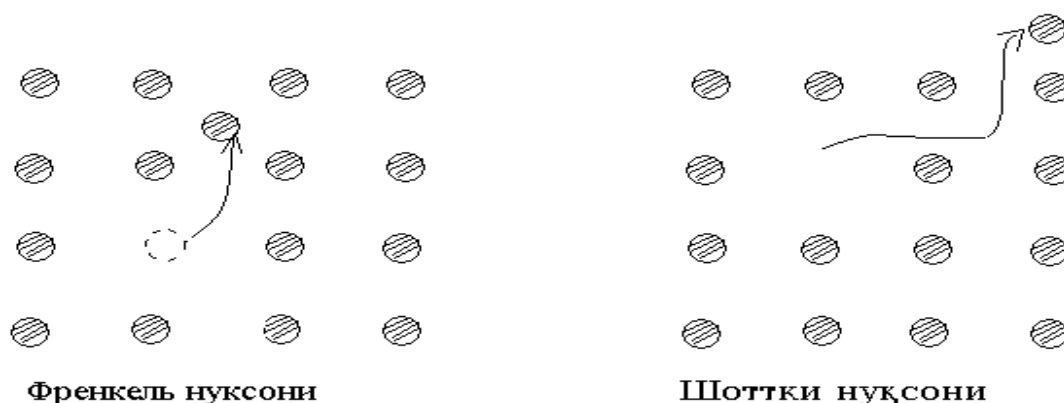
3. Ясси (икки ўлчовли) нуқсонлар. Уларнинг бир йўналишда ўлчами кичик бўлади.

4. Хажмий (уч ўлчамли) нуқсонлар. Уларнинг баъзилари макронуқсонларга тааллуқли бўлади.

қаттиқ жисмларда ҳамма вақт мавжуд бўладиган нуқтавий нуқсонлар-атамлардан бўшаб қолган тугунлар-вакансиялар ва тугунлар оралиғига жойлашиб қолган атомлардир. Вакансияларнинг ҳосил бўлиши атомларнинг иссиқлик тебранишлари билан боғлиқ.

Ташқаридан энергия олган юқори энергияли атомлар ўз мувозонат вазиятларидан узоқлашиб кетиши (тугуннинг ташлаб кетиши), тугунлар оралиғига ўтиши мумкин. Шунингдек яна бўш ўринга тугунча қайтиши-рекомбинацияланиши мумкин. Вакансия ва атомлар аро жойлашган атом-Френкель нуқсонлари деб аталади.

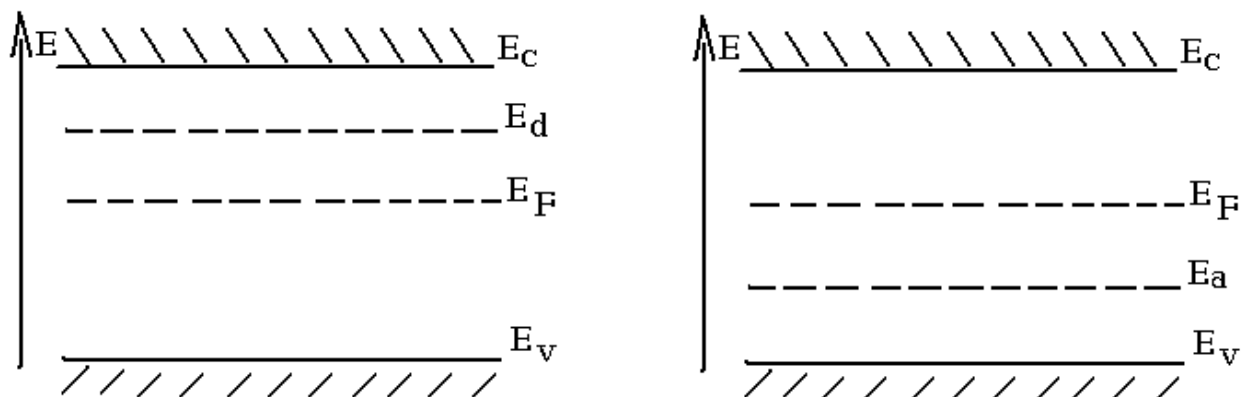
Атомларнинг вакансиялардан кўчиб кристалл сиртига чиқиб кетиши натижасида фақат вакансия ҳосил бўлиши-Шоттки нуқсони дейилади.



Агар кристалдаги нуқсонлар оз бўлса, бу ҳолда улар бир-биридан анча йироқда жойлашган, яъни кристалл панжара нуқсонлари маҳаллийлашган бўлади. бунда кристалл ичидаги электр майдон фақат нуқсон атрофидагина бузилади, бошқача айтганда, кристаллнинг даврий V_0 потенциалига нуқсон яқинида V^1 қўшимча потенциал қўшилади, демак тўла потенциал $V = V_0 + V^1$ бўлади.

Шунинг учун ҳам фақат шу соҳада бўлган электронларнинг энергетик ҳолатлари ўзгаради, бу эса идеал қаттиқ жисм электронлари энергия зоналарига қўшимча маҳаллий энергетик ҳолатларнинг пайдо бўлишига олиб келади.

Бундай маҳаллий ҳолатлар сони N нуқсонлар сонига тенг. Маҳаллий энергетик сатҳлар (ҳолатлар)да электронлар боғланган.



Нуқтавий нуқсонлар вужудга келтирган тақиқланган зонада жойлашган ва ўтказувчанлик зонаси учун электрон етказиб берадиган энергетик сатҳлар-донор сатҳлар дейилади. Валент зонаси учун мушбат тешикчалар етказиб берадиган сатҳлар-Акцептор сатҳлар дейилади.

Нуқсонлар чизиқий, ясси ва ҳажмий бўлиши ҳам мумкин. Бу уларнинг ўлчамлари билан боғлиқ.

Кристалл панжара текисликларининг бир-бирига нисбатан силжиши, атомлар қаторининг узилиб қолиши ёки алоҳида фаза сифатида структура ичида тўпланган бегона атомлар ана шундай нуқсонларга мисол бўлади.

2.8. АМОРФ ҚАТТИҚ ЖИСМЛАР.

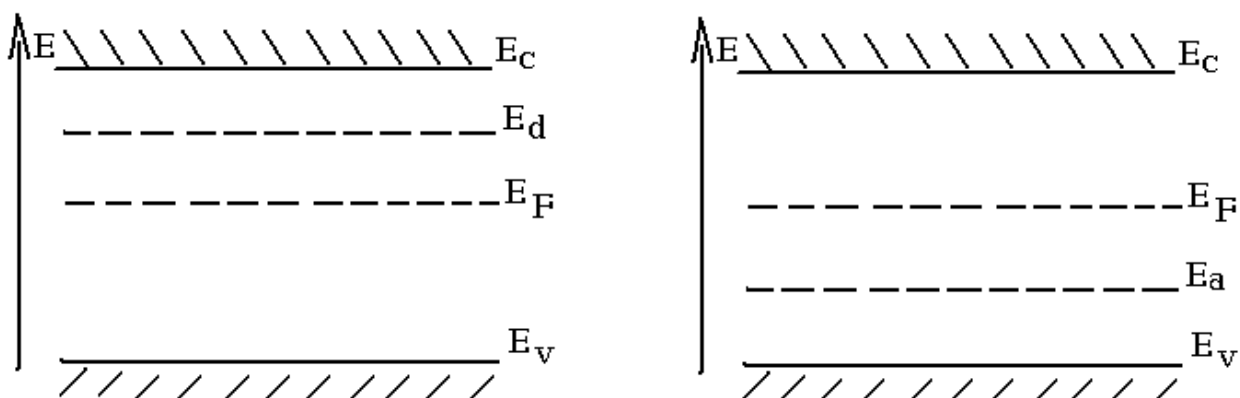
Аморф жисмлар структурасида «яқин тартиб» мавжуд бўлиб, «узок тартиб» бўлмайди. Шунинг учун ҳам бундай моддалар анизотроп моддалар ҳисобланади. Яъни аморф қаттиқ жисмнинг структурасида унинг хоссалари ҳар хил нуқталарда ҳар хил ўзгаради. Аморф структурали қаттиқ жисмларни тайёрлашнинг ўзига хос хусусияти бор. Катта температурада суюқ ҳолатга келтирилган, кварц ампуладаги моддани жуда тез совутиш ($100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$) йўли билан аморф структура олиш мумкин. Барча қаттиқ жисмлар ҳам аморф структурага эга бўлмайди ва аморф структурага эга бўладиган моддаларнинг эриш температураси ва уни совутиш температураси ҳар хил бўлади.

Демак аморф қаттиқ жисмлар учун:

$a \neq const, \quad \alpha \neq const$
 $b \neq const, \quad \beta \neq const$ ўринли бўлади.
 $c \neq const, \quad \gamma \neq const$

аморф структурада нуқтавий нуксонлар мавжуд бўлгани учун (Френкель, Шоттки нуксонлари, аралашма атомлар, радиацион нуксонлар) бу моддаларнинг энергетик спектрида катта ўзгаришлар мавжуд бўлади.

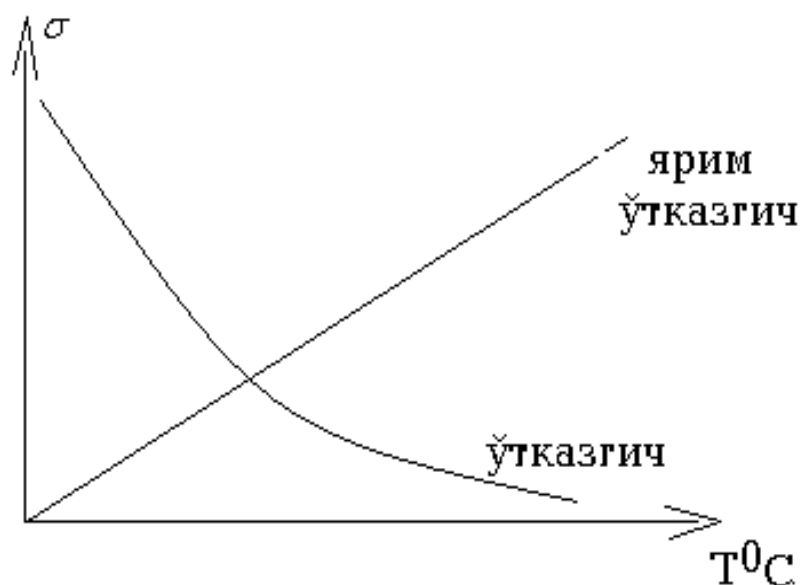
Тақиқланган зонада донор ва акцептор сатҳлар мавжуд бўлади.



E_d -донор сатҳ энергияси, E_a -акцептор сатҳ энергияси бўлиб, бу сатҳларда электронлар ва коваклар жойлашган. Ташқи таъсир (энергия, майдон, температура) остида донор сатҳидаги электронлар E_c -ўтказувчанлик зонасига ўтиб, эркин электронга айланиши ва ток ташишда қатнашиши мумкин. Шунингдек E_a -акцептор сатҳидаги мусбат тешикчалар яъни коваклар ташқи таъсир остида валент зонага ўтиши ва ўтказувчанликда қатнашиши мумкин.

Аморф қаттиқ жисмлар электрик хоссаларига кўра кўпроқ ярим ўтказгичлар группасига мансубдир.

Ўтказгич хоссасига эга аморф қаттиқ жисмлар ҳам токни унчалик яхши ўтказмайди.



Аморф қаттиқ жисмларда электр ўтказувчанлик бошқа қаттиқ жисмлар сингари температурага боғлиқ бўлади ва қуйидагича қонуният билан ўзгаради.

Аморф қаттиқ жисмлар ўзларининг магнит хоссаларига кўра кўпроқ диамагнетиклар гуруҳига киради.

Уларда атомларнинг магнит моментларининг йиғиндиси нолга тенг бўлади:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \vec{H}_n = 0$$

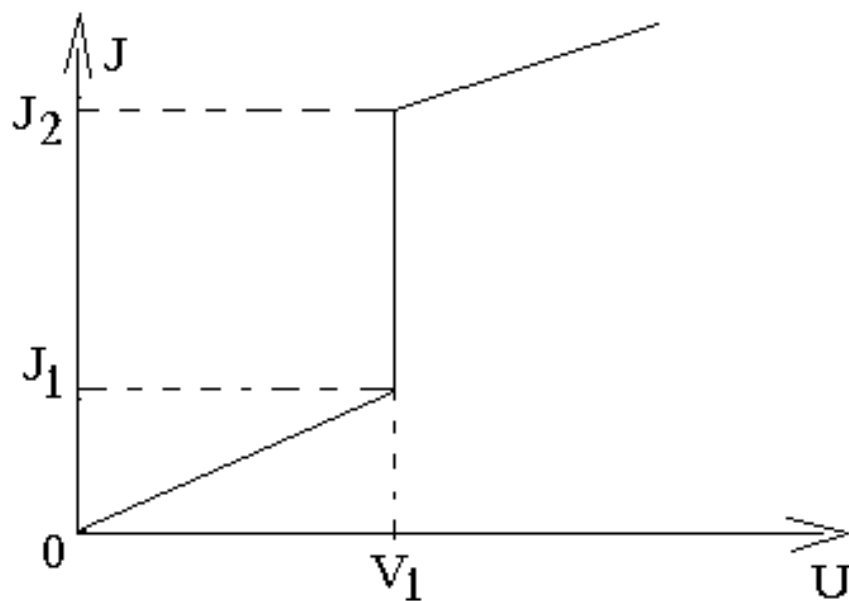
Шу сабабли бундай моддалар ташқи магнит майдонига киритилса, улар ташқи майдонни сусайтиради.

Аморф қаттиқ жисмлар фан ва техникада кенг қўлланилади.

Аморф структурага эга бўлган $A^3 B^6$ бирикмаларга баъзи аралашма атомлари киритилганда уларда «сакровчи» ўтказувчанлик кузатилади. Бунга мисол қилиб $AlTe$, $GaTe$ бирикмаларини кўрсатиш мумкин.

«Сакровчи» ўтказувчанликга эга бўлган аморф қаттиқ жисмлардан ЭХМлар учун хотира блоклари яратиш мумкин. Уларнинг электр ўтказувчанлиги, асосан вольт-ампер характеристикаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

U_1 кучланишда аморф структурадан ўтувчи ток қиймати кескин ошади, яъни «сакраб» ўзгаради. Бунга сабаб шу кучланишда структурада кристалл шнур ҳосил бўлиши ва ундан катта ток ўтишидир.



2.9. КВАНТ ГЕНЕРАТОРЛАРИ.

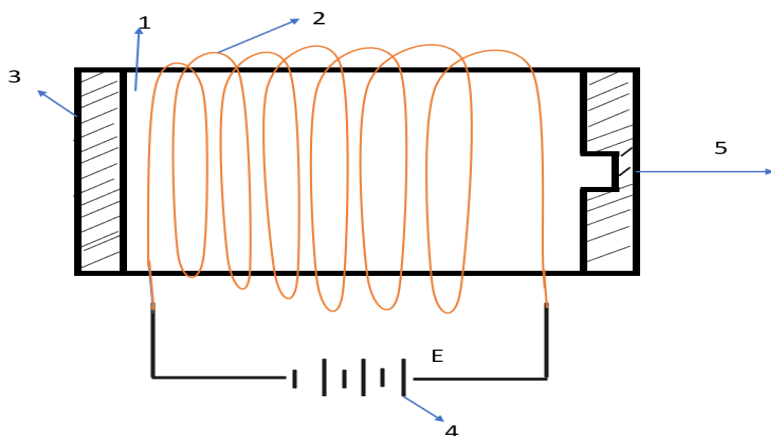
Лазерларда нурланишни генерация қилишда асосан 4 та элемент иштирок этади.

- Актив модда
- Оптик резанатор
- Уйғониш манбаси
- Қурилманинг ток манбаи

Аввало оптик квант генераторларининг турлари билан танишиб чиқамиз (1-график).

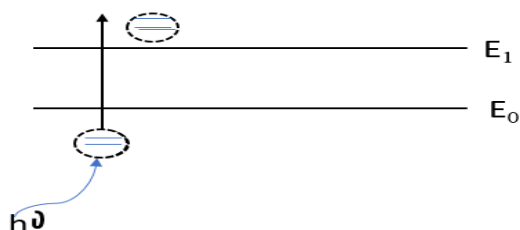
Актив элементи 4 хил бўлган 10 турдаги лазерлар узлуксиз ёки импульсли режимда ишлайди ва уларнинг лазер нурланиш қуввати ҳар хилдир.

Қаттиқ жисмли лазернинг блок схемаси:

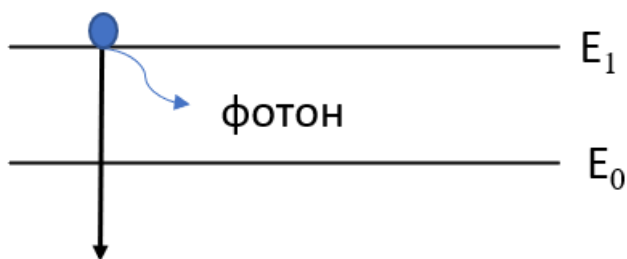


1.Актив элемент ($Al_2O_3 : Cz$), 2-Уйғотувчи манба, 3- Резонатор.

Уйғотувчи манаба (оқ ёруғлик)таъсирида актив элементдаги атомлар асосий холатдан уйғонган холатга ўтади:



Уйғотувчи манба узлуксиз ёруғлик бериб турганлиги сабабли асосий холатдаги атомлар узлуксиз равишда асосий холатдан уйғонган холатга ўтаверади. Лекин улар T вақтдан кейин уйғонган холатдан пастга, асосий холатга ўтиб ўзининг ортиқча энергиясини ёруғлик кванти сифатида чиқариб юборади:



Актив элементга аралашма атом сифатида киритилган Cz атомлари ҳам уйғотувчи манба нури таъсирида асосий холатдан уйғонган холатга ўтади, лекин улар уйғонган холатда вақт эмас, ~~банд~~ вақт “яшайди”.

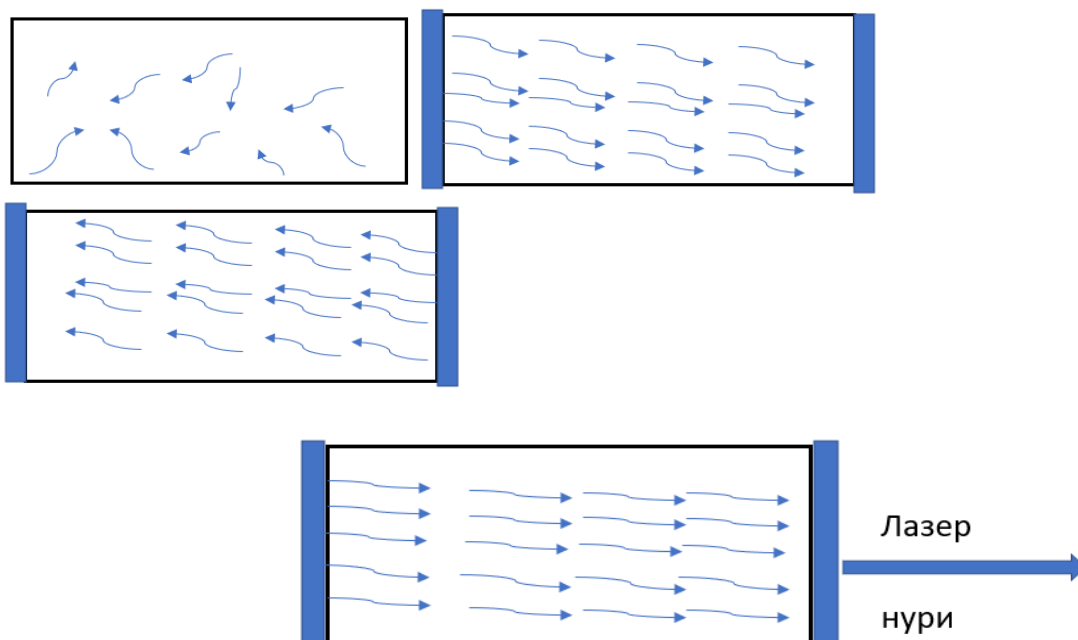
Шу сабабли актив элементнинг бошқа атомлари чиқарган фотонлар Cz элементининг уйғонган холатдаги атомлари ёнидан ўтиб кетса Cz атомлари ҳам худди шундай энергияли ва шу йўналишда харакатланадиган ёруғлик фотони чиқариб атомларнинг ўзлари асосий холатга ўтади.

Асосий ҳолатга қайтган атомлар яна уйғотувчи манба нури таъсирида асосий ҳолатдан уйғонган ҳолатга ўтади ва вақтдан сўнг яна ўзидан фотон нурлантириб, C_z атомларини ҳам фотон нурланишга мажбурлайди, кейин яна асосий ҳолатга қайтади. Бу процесс чексиз узоқ вақт давом этиши мумкин.

Лекин актив элемент кристалл панжарасининг қизиб кетиши лазер актив элементининг чексиз ишлашини чегаралаб қўяди. Шу сабабли актив элементни совутадиган қурилмалардан фойдаланилади. Актив элемент атомлари ажратиб чиқарган ёруғлик фотонлари актив элемент ичида аввал тартибсиз ҳаракат қилади.

Лекин актив элементнинг икки томонга ўрнатилган резанаторлар (фотонларни қайтарган)

Фотонлар ҳаракатини тартибга солади ва бир йўналишда ҳаракатланишга мажбур қилади:



Актив элементнинг юпқа қисмидан бир томонга йўналган (тўғри чизик бўйлаб) ва бир хил энергияли ёруғлик фотонлари ташқарига чиқади. Бу лазер нуридир.

Қаттиқ жисмли лазерларнинг актив элементи сифатида C_z атомлари қўшилган рубин (AL_2O_3) Кристалли, шунингдек неодим элементи қўшилган шиша ва эрбий элементи қўшилган гранат кристалли жуда кўп қўлланилади. Барча қаттиқ жисмли лазерларда актив модда оддий ёруғлик ёрдамида уйғотилади. Ишлаш принципига кўра лазерлар узлуксиз ва импульсли режимларида ишлайди. Ҳозирги вақтда энг қувватли қаттиқ жисмли лазер неодимли шишага асосланган бўлиб унинг тўлқин узунлиги **1,06** мкм,

импульснинг давом этиш вақти **3-пс**, лазер қуввати эса
ватт.

2,5.10⁻¹³

Қаттиқ жисмли лазернинг камчилиги унинг актив элементининг шу вақтда қизиб кетишидир. Шу сабабли ҳозирги вақтда актив элемент совутадиған қурилмалар ўйлаб топилган. Қаттиқ жисмли лазерлар асосан частоталар палосасининг **0,61÷26 мкм** қисмида ишлайди (нур чиқаради). Бу палоса қисми кўзга кўринувчи нурлар ва инфрақизил нурланишлар соҳасидир. Қаттиқ жисмли лазерлар фойдали иш коэффициентини анча кичик бўлиб тахминан (1÷12%) бунинг сабаби эса уйғотувчи манба нурланиши ва актив элемент ютувчи нурланишлар частоталарининг ўзаро мос келмаслиги туфайли юз беради.

Рубин кристаллга аралашма сифатида киритилган **C_z** атомлари асосий ҳолатдан уйғонган ҳолатга ўтиш учун фақат кўк, яшил нурлар қисмини ютади. Бу қисм кўк – яшил энергияси умумий энергиянинг **10%** ини ташкил қилади, қолган **90%** энергия бекорга сарфланади ва актив элементнинг қизиб кетишига сабаб бўлади. Шу сабабли бундай лазерлар қурилмаси **Ф.И.К.** кичкина бўлади. Қаттиқ жисмли лазерлар ишлаб чиқаришда далномер (узокни ўлчаш) қаттиқ материалларга ишлов бериш, снаряд, бомбаларни бошқариш голографиясида, термоядро реакцияларида ва энг асосийси алоқа ўрнатиш системасида кенг қўлланилади.

Ярим ўтказгичли лазерларнинг энг асосий афзаллиги–унинг атомларини уйғотиш учун ярим ўтказгич материаллардан электр токи ўтказилади. Ярим ўтказгичли лазерларнинг актив элементи **GaAs , Si(In) GaP, InAs** ҳисобланади.

Ярим ўтказгичли лазерлар частоталар палосасининг **0,37 ÷ 16,1 мкм** қисмида нурланиш ҳосил бўлади. Ярим ўтказгичли лазернинг энг асосий афзаллиги – унинг ўлчамлари кичиклигидир. Масалан, унинг актив элементининг ўлчами **1x1x1 мм.** га тенгдир. Бундай лазерларнинг қувватини ошириш учун ярим ўтказгич материалларни (актив элементи) катта энергияли элестронлар оқими билан нурлантиришда. Катта энергияли электрон ярим ўтказилган ичига кириб ўзининг энергиясини йўқотади. Бу энергия жуда кўп электрон – тешик жуфтлари ҳосил қилишга сарф бўлади.

Бир электрон 10^4 тагача электрон -тешик жуфтини ҳосил қилиши мумкин. Бу эса энергетик сатҳида инверсион жойлашиш сонини кескин ўзгартириб юборади. Натижада лазернинг чиқиш қуввати ошади, чунки нурланишда катнашадиган инверс энергетик сатхлар сони ошади.

2.10. ҚАТТИҚ ЖИСИМЛИ ЛАЗЕРЛАР.

Актив элементлар-(кристалл, шиша, пластмасса)-Оптик жиҳатдан юқори сифатли ва ташқи таъсирларга чидамли бўлиши лозим.

Энг кўп қўлланиладиган қаттиқ жисмли актив элементлар-Хром билан активлашган рубин кристалли ($AL_2O_3:Cz$), неодим билан активлаштирилган шиша ёки гранат брикмаси (эрбит аралашма атомлари ҳам активлаштиради).

-Барча қаттиқ жисимли лазерда актив элемент оддий ёруғлиқ ёрдамида ўйғотилади.

-Лазерларни импульс режимида ишлатиш ва импульснинг узунлигини камайтириш лазернинг қувватини оширади.

-Ҳозирги энг қувватли лазер импульси **3 псек** давом этиб, $2,5 \cdot 10^{13}$ Вт га тенг қувватлидир.

-Қаттиқ жисимли ва узуксиз ишлайдиган лазернинг энг асосий камчилиги-актив элементнинг иш жараёнида қизиб кетиши ҳисобланади, натижада нурланиш қуввати камайиб кетади.

-Қаттиқ жисимли лазерлар асосан частота поласасининг **0,61 ÷ 26 мкм** қисмида нурланиш ҳосил қилади. Умуман кўзга кўринувчи ва инфрақизил нурланиш қисмида ишлайди.

-Қаттиқ жисимли лазерларнинг яна бир асосий камчилиги-нурланиш спектри частотаси ва актив элемент ютадиган частоталарнинг бир-бирига унчалик мос келмаслигидир. Натижада лазерларнинг Ф.И.К. камайиб кетади.

Масалан: $AL_2O_3:Cz$ да Cz атомлари фақат ёруғликнинг кўк-яшил қисмини ютади. Ёруғликнинг бу қисми 10% атрофида мавжуддир.

Демак ёруғликнинг 90% бекор кетади.

-Қаттиқ жисимли лазерлар-Дальномер сифатида, лазерно-телевизион системада, ўта қаттиқ материалларни қайта ишлашда снаряд ва бомбаларни бошқаришда, голографияда, термоядро реакцияларида кўпроқ қўлланилади.

-Қаттиқ жисимли лазерларнинг яна бир асосий хусусияти-бу лазер нурунинг сочилишидир.

Бу хусусият актив элементнинг ва резонаторларнинг тозалигига боғлиқ катталиқдир.

III - БОБ. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЛАЗЕРЛАР

3.1. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ

Ярим утказгичлар физикаси XX-асрнинг биринчи ярмида, тугрироги 40-йилларда дунёга келган фандир.

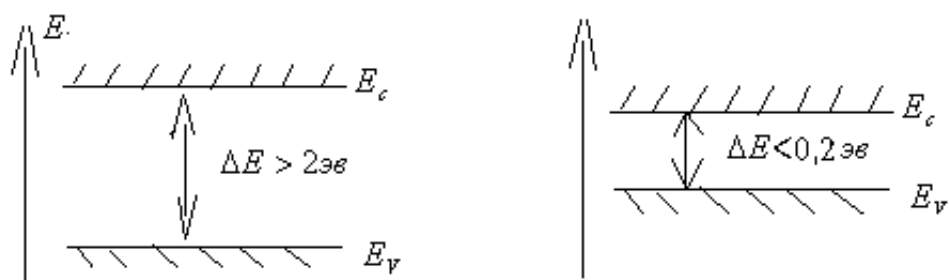
Моддаларни уларнинг электр утказувчанлигига караб гуруҳларга ажратишда, алоҳида ярим утказгич моддалар гуруҳи деб биринчи марта академик А.Ф. Иоффе фикр билдирган.

Маълумки моддаларни электр утказувчанлигига караб гурухларга ажратишнинг 3 та усули мавжуд.

1. Моддаларнинг электр каршилиги киймати буйича
2. Энергетик зоналар кенглигига караб
3. Электр утказувчанликнинг температурага богликлиги буйича.

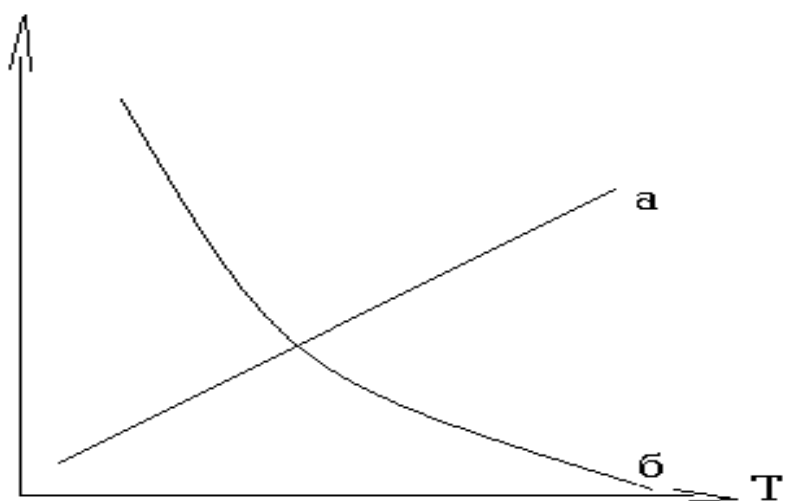
Моддаларнинг электр каршилиги $R > 10^{10} \hat{u} \cdot \hat{n}i$ дан катта булса, улар диэлектриклар дейилади. Моддалар каршилига $R > 10^{-4} \hat{u} \cdot \hat{n}i$ дан кичкина булса бу моддалар утказгичлар (металлар) дейилади. Электр каршилиги $10^{-4} \hat{u} \cdot \hat{n}i$ дан катта, лекин $10^{10} \hat{u} \cdot \hat{n}i$ дан кичкина булган моддалар ярим утказгичлар дейилади. Демак ярим утказгичлар каршилиги $10^{-4} \hat{u} \cdot \hat{n}i < R < 10^{10} \hat{u} \cdot \hat{n}i$ ораликда булар экан.

Энергетик нуктаи назардан моддалардаги атомларнинг электронлари учун энергетик зоналари тузилиши хар бир модда учун алохида куринишга эга.



Валент зона билан утказувчанлик зонаси оралиги булган такикланган зонанинг кенглиги $E > 2\hat{u}a$ дан катта булса бундай моддалар диэлектриклар хисобланади.

Такикланган зонанинг кенглиги $\Delta E < 0,2\hat{u}a$ дан кичкина булган моддалар утказгичлар дейилади. Такикланган зона кенглиги 2 эв. дан кичик, лекин 0,2 эв. дан катта булган моддалар ярим утказгичдир. Моддаларнинг электр утказувчанлиги ташки таъсирга, хусусан ташки температурага боглик булади. Лекин богликлик утказгичлар ва ярим утказгичларда хар хил характерга эгадир. +уйидаги графикда утказгич ва ярим утказгичлар электр утказувчанлигининг температурага богликлиги берилган:



а - ярим ўтказгич
б - ўтказгич

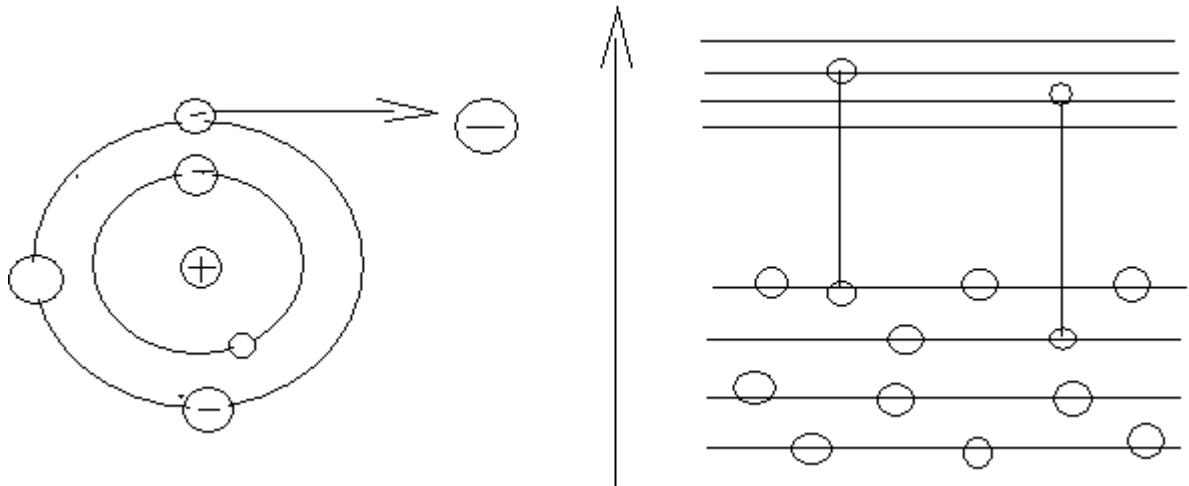
Графикдан куринадики ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги ташки температурага тугри пропорционал экан, яъни температура ошиши билан электр ўтказувчанлик ошади.

Ўтказгичда эса температура ошиши билан электр ўтказувчанлик камаяди. Бунга сабаб ток ташувчи зарядли зарраларнинг кристалл панжара тугунларидаги атомлар билан тукнашиш сонининг ошишидир.

Ярим ўтказгичларда эса кучсиз боғланган электронлар ташки температура таъсирида эркин электронларга айланади ва ўтказувчанлик ошади. Ярим ўтказгичларда эркин заряд ташувчилар манфий электронлар ва мусбат тешикчалар ҳисобланади.

П-типли ярим ўтказгичда ток ташувчи зарядли зарралар манфий электронлар, Р-типли ярим ўтказгичда ток ташувчи зарядли зарралар мусбат тешикчалар ҳисобланади. Хусусий ярим ўтказгичларда эса ток ташувчи зарядли зарралар ҳам манфий электронлар, ҳам мусбат тешикчалар биргаликда ҳисобланади.

Атомларга боғланган электронлар эркин электронга айланиб атомдан чикиб кетса, унинг урнида мусбат тешикча қолади. Энергетик нуқтаи назардан электрон валент зонадан ўтказувчанлик зонасига утса ва ток ташишда катнашса, унинг валент зонадаги урнида мусбат тешикча ҳосил булади. У ҳам валент зона ичида эркин ҳаракат қилиб ток ташишда катнашади.



3.2. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА ЗОНАЛАР НАЗАРИЯСИ.

Ярим утказгичларда зарраларнинг энергетик спектри ва координаталарини топиш учун Шреденгер тенгламасини ечиш керак. Стационар ҳолат учун Шреденгер тенгламаси куйидагича куринишга эга:

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

бу ерда \hat{H} - Гамильтон оператори, E - хусусий энергия, ψ - тулкин функция.

Гамильтон оператори 5 та хаднинг йигиндисидан иборат:

$$\hat{H} = \hat{K} + \hat{T} + \hat{I} + \hat{U} + \hat{V}$$

бу ерда: \hat{K} - Электронларнинг кинетик энергия оператори.

\hat{T} - Ядроларнинг кинетик энергия оператори.

\hat{I} - Электронларнинг потенциал энергия оператори.

\hat{U} - Ядроларнинг потенциал энергия оператори.

\hat{V} - Электронлар ва ядроларнинг ўзаро таъсир потенциал энергия оператори.

Тулкин функцияси ψ ва Гамильтон оператори ҳадлари зарраларнинг координатасига боғлиқ булади, яъни:

$$\psi(r_1, r_2, r_3, \dots, r_n, R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)$$

$$\hat{K}(r_1, r_2, \dots, r_n), \hat{T}(R_1, R_2, R_n), \hat{U}(r_1, r_2, \dots, r_n),$$

$$\hat{U}(R_1, R_2, R_n), \text{ ва } \hat{V}(r_1, r_2, \dots, r_n, R_1, R_2, R_n),$$

шунинг учун Шредингер тенгламасида жуда кўп, чексиз узгарувчилар мавжуд, шу сабабли бу тенглама ечимга эга эмас. Чунки тенглама битта, узгарувчилар эса бу тенгламада чексиз кўп. Бизга маълумки битта тенгламада битта узгарувчи бўлса бундай тенгламани ечса булади.

Шредингер тенгламасини ечиш учун ундаги узгарувчилар сонини камайтириш лозим. Бунинг учун эса яқинлашиш методларидан фойдаланилади.

Биринчи кулланиладиган яқинлашиш методи-адиабатик яқинлашиш методи деб аталади. Бу усулнинг физик моҳияти куйидагича: Барча атомлар электронлар ва ядролардан тузилган.

Улар учун: $m_e \ll M_n$ ва $\mathcal{G}_e \gg \mathcal{G}_n$. Шундан келиб чиқиб атомлардаги ядролар электронларга нисбатан тинч турибди деб қаралади. Бу ушбу адиабатик методнинг асосий шартидир. У ҳолда шартга асосан ядроларнинг кинетик энергия оператори нолга тенг булади, яъни $\hat{T} = 0$ ва $R_1, R_2, \dots, R_n = const$. Ядроларнинг потенциал энергия оператори фақат битта узгармас кийматга эга бўлиб қолади, яъни $\hat{U} = const$. Энергия ҳисоби бошини узгартириб \hat{U} ни ҳам нолга тенгласа булади.

Демак у ҳолда Шредингер тенгламаси куйидаги қуринишга келади:

$$\left(\hat{K} + \hat{U} + \hat{V} \right) \psi = E \cdot \psi$$

Лекин бу ҳолда ҳам тенгламада жуда кўп узгарувчилар бор. Улар электронларнинг координаталаридир. Энди шу узгарувчилар сонини ҳам камайтириш зарур, акс ҳолда бундай тенгламани ечиб бўлмайди. Бунинг учун валент аппроксимация усули кулланилади. Бу усулнинг моҳияти куйидагича. Атомлардаги барча ички орбиталардаги электронлар ядро билан биргаликда тинч турибди ва фақат валент электрон қобилигидаги (яъни энг ташқаридаги

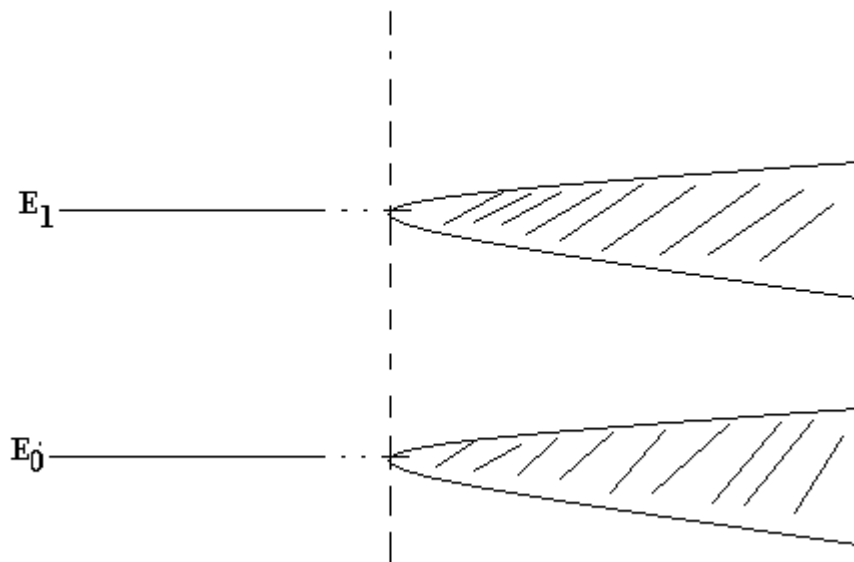
орбитадаги) электронлар харакат килаяпти деб кабул килинади. Бу холда факат валент электронларнинг координаталари узгарувчи булади. демак Шреденгер тенгламаси $(\hat{K} + \hat{U} + \hat{V})\psi = E \cdot \psi$ да факат валент электронлар координаталари узгарувчи булади. лекин кристалл панжарадаги атомларда чексиз куп валент электронлар мавжуддир. Шунинг учун хам Шреденгер тенгламасини валент аппроксимация методи билан хам ечиб булмайди, лекин ечимга анча якинлашиш имконияти хосил булди. Ечимни топиш (ечиш) учун бир электронли якинлашиш методи кулланилади. Унга асосан кристалл панжарадаги барча электронлар умумлашган майдонни хосил килади. Бу майдонни хосил килишда барча электронлар катнашади ва узлари хам шу майдонда харакат киладилар. Шунинг учун бу майдон ўзаро келишилган майдон деб аталади. Бу холда Шреденгер тенгламасини хар бир электрон учун алохида-алохида ёзса булади:

$$\left. \begin{array}{l} \hat{H}_1 \cdot \psi_1 = E_1 \cdot \psi_1 \\ \hat{H}_2 \cdot \psi_2 = E_2 \cdot \psi_2 \\ \text{-----} \\ \hat{H}_n \cdot \psi_n = E_n \cdot \psi_n \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Демак Шреденгер тенгламаси урнида ана шундай} \\ \text{тенгламалар системасига эга буламиз.} \\ \text{Бу холда тенгламалар ва ундаги узгарувчилар сони ўзаро тенг} \\ \text{булади.} \end{array}$$

Тенгламалар ва ундаги узгарувчилар сони ўзаро тенг булса, бундай тенгламалар системасини ечса булади.

Унинг ечими Блох функцияси курунишида булади: $\varphi(\vec{r}) = u(\vec{r}) \cdot e^{i\vec{k}\vec{r}}$

Демак кристалл панжара учун Шреденгер тенгламасининг ечими Блох функциясидир. Электронларнинг энергетик спектри рухсат берилган ва рухсат берилмаган зоналардан иборатдир. Ана шундан рухсат берилган ва такикланган зоналар мавжудлиги аниқ булади. уларнинг график куруниши куйидагича:



Энергия киймати ошиб бориши билан рухсат берилган зона кенглиги ошиб боради, тақикланган зона кенглиги эса камаяди.

Қаттиқ жисмлар электр утказувчанлигига кура уч гуруҳга булинади:

1. Утказгичлар (металлар)
2. Ярим утказгичла
3. Диэлектриклар

Ярим утказгичларда эркин заряд ташувчилар 2 хил булади:

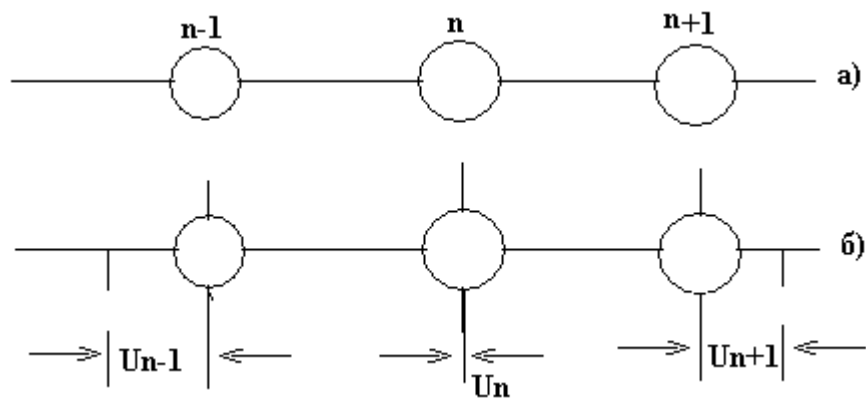
1. Эркин электронлар
2. Мусбат тешиқчалар (коваклар)

3.3. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА АТОМЛАРНИНГ ТЕБРАНИШЛАРИ.

Криситалнинг таркибидаги зарралар (атомлар, ионлар, молекулалар) фақат мутлок ноль температурада панжара тугунларида тинч туради. Температура ошган сайин атомларнинг тебранма харакат амплитудаси ошиб боради.

Атомлар чексиз бир чизик устида даврий равишда (хар икки кушни бир-биридан a масофада) жойлашган. Хар бир атом энг яқин икки ён кушниси билан квази эластик ўзаро таъсирлашади.

Бу фараз атомларнинг мувезонат вазиятидан четланиши кичик, яъни $|U_n| \ll a$ булганида уринли булади. квази эластик кучлар таъсирида атомлар гармоник тебранишлар бажарадилар.



а) Чизикий содда панжарада атомларнинг мувозонатли вазияти.

б) Вертикал чизиклар силжиган атомлар вазияти.

U_n, U_{n-1}, U_{n+1} -тегишли атомлар силжишлари. Квази эластик куч, таърифи буйича, силжишнинг биринчи даражасига пропорционал, унинг йуналишига карши йуналган булади.

Демак, n -атомга $n-1$ -атомнинг таъсир кучи

$$f_{n,n-1} = -\beta \cdot (U_n - U_{n-1})$$

$n+1$ -атомнинг таъсир кучи эса:

$$f_{n,n+1} = -\beta(U_n - U_{n+1}) \text{ булиб,}$$

n -атомга таъсир килувчи натижавий куч:

$$f_n = -\beta(2U_n - U_{n-1} - U_{n+1})$$

бу ерда β -квази эластик куч коэффициенти. Чизикий панжарада энг кичик тулкин узунлиги $2 \cdot a$ булиб, энг каттаси чексиздир.

Уч улчамли мураккаб панжарада тебранишлар сони учта булиб уларнинг иккитаси акустик ва биттаси оптик тармоқлардир. Тулкинларнинг зарра хоссалари борлигидан тебранишлар энергияларининг энг кичик улуши (кванти) мавжудлигини айтиб утмоқчимиз. Бу тебранишларнинг зарралар билан тукнашишида яккол намоён булади. бу холда тебранишлар энергиясининг бир квантини беради ёки шу квант микдорича энергияни олади.

ω такрорийликга эга булган нормал тебранишлар энергияси $\hbar\omega, 2\hbar\omega, 3\hbar\omega, \dots, \dots, n\hbar\omega$ кийматларга эга булиши мумкин. Кристалл панжара

тебранишлари тупламини энг кичик $\hbar\omega$ энергия ва унга мос $\hbar q$ квазиимпульсга эга булган квазизарралар-ФОТОНЛАР (юнонча фотон-товуш зарраси демакдир) гази сифатида караш мумкин.

Маълумки такрорийли тебранишлар энергиялари $n_1\hbar\omega_1, n_2\hbar\omega_2, \dots, n_N\hbar\omega_N$. Барча тармоқлар буйича йигиндиси: $E_i = n_1\hbar\omega_1 + n_2\hbar\omega_2 + \dots + n_N\hbar\omega_N$. Демак бутун кристалнинг тебранишлари тула энергияси:

$$E = \sum_{i=1}^{3S} E_i$$

Кристалл панжарада электрон панжара билан тукнашиб энергия бериши ёки ютиши мумкин. Бунда электрон бита фононни ютди ёки чикарди деб айтилади.

Демак кристалл панжара тебранишлари энергияси квантланган булади.

Квази зарра (яъни тебраниш энергияси кванти) фонон тушунчаси киритилган.

фонон энергияси $\varepsilon = \hbar\omega$,

Квази импульси $\vec{p} = \hbar q$ булиб у товуш тезлигида харакат килади деб хисобланади. Квазиимпульслар йигиндиси нолга тенг, яъни фононлар босим Бера олмайди. Фононлар квази заррадир. Спини ноль. Шунинг учун улар Бозе-Эйнштейн статистикасига буйсунади. Демак кристалл панжара ичида исикликни фононлар ташийди деб айтилади.

3.4. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА КИРИШМАЛАР

Кристалл панжарасидаги ёт атомлар (киришмалар) панжара нуксонлари жумласигакиради, аммо кристалл хоссалар (хусусан, электр хоссалари) ни аниқлашда уларнинг ахамияти ниҳоятда муҳим булганлиги сабабидан киришмалар тугрисидаги энг зарурий маълумотларни алоҳида бобдан баён килиш маъкулдир.

Киришмалар узининг тутган урни ва бажарадиган вазифаларига караб бир неча турларга булинади.

Киришма атомлар кристалл панжарасида ёки тугунлардаги асосий атомлар урнига утириб олади (бундай киришмалар жами уринбосар қаттиқ эиртма дейилади), ёки улар панжара тугунлари орасига жойлашиб олади (бундай киришмалар сукилиш қаттиқ эиртма дейилади). Бу икки холни икки омил-геометрик ва электро-кимёвий омиллар аниқлайди. Уринбосар

киришмалар хосил булиши учун киришма атом радиусининг асосий атом радиусидан фарки 15% дан ошмаслиги керак. Яна бир шарт шуки, асосий ва киришма атомлар электрокимёвий жихатдан ухшаш булиши зарур, атомнинг сиртки (валент) кобигидаги электронлар сони асосий сиртки кобиги электронлари сонига тенг ёки якин (± 1) булиши керак.

Сукилиш киришмалари хосил булиши учун киришма атом радиусининг асосий атом радиусига нисбати 0,59 дан кичик булиши керак. Микдорий шартлар тажриба йули билан топилган шартлардир.

Хар бир киришма атом узи турган жой атрофида панжара даврийлигини бузади ва электрон (ковак) учун махаллий сатхлар хосил килади, бу сатхлар киришмалар зичлиги унча катта булмаганда, такикланган зонада жойлашган булади.

Ярим утказгичларга киришмалар киритиш усуллари.

Ярим утказгичларга киришмалар киритиш йули билан уларнинг электр утказувчанлигини ва бошка хоссаларини узгартириш мумкин. Бунинг бир неча усуллари ишлаб чикилган.

Ярим утказгич монокристалини суюлмалардан хосил килиш жараёнида суюлмаган исталган киришма моддаларни киритилади. Бунда монокристалл хажмида киришмаларнинг текис таксимланишини таъминлайдиган чоралар амалга оширилади.

Биз бу ерда электроника соноатида кенг кулланиладиган киришмалар киритиш усуллари тугрисида кискача маълумот берамиз.

Диффузия усули билан киришмалар киритиш усули. Бу усулда махсус идишларга ярим утказгич кристалли, у билан бирга киритилдиган модданинг маълум микдори хам жойланади. Сунг диффузия печида юкори (кристалл эриш температурасидан паст) температурагача киздирилади, киришма модда буғланади ва унинг атомлари кристалл ичига диффузияланиб кира боради. Бу киришма атомлар, юкорида айтилган шароитга караб, ё атомлардан бушаб колган тугунларга ёки тугунлар орасига жойлашиб олади. Масалан, кремнийга фосфорни тахминан 1200°C температурада диффузияланади, чунки кремнийнинг эриш температураси тахминан 1410°C булганлиги учун у узининг қаттиқ холатини саклайди, аммо иссиклик харакати кучайишидан вакансиялар купайиб кетади, фосфор ва кремний атомлари радиуслар бир-бирига якин булганлиги учун фосфор атомлари кремний кристалли тугунларига жойлашиб, уринбосар киришма хосил килади.

Ионлар киритиш усули. Дастлаб киритиладиган киришма атомлари ионлаштирилади, сунгра бу ионларни катта кучланишли (бир неча киловольт чамасида) электр майдонда тезлантирилади, шунда улар кристалл пластинасига кириб оладиган булади (кристаллга кирган ионлар зичлиги тақсимоти 1- расмда тасвирланган). Пластина эса хона температурасида ёки ундан бир оз юкорирок температурада тутиб турилади. Бу усул, ионлар токени ва нурлаш вақтини назорат килиш эвазига, киритилаётган киришмани аниқ хамда такрорланувчи микдорда киритиш, ионларнинг кириш чуқурлигини тайинлаш ва бошка бир канча афзалликларга имкон беради.

Киришманинг ионлари ярим утказгич кристалл панжарасига кира бориб, уз энергиясини йукота боради, бу йукотиш икки куринишда амалга ошади. Киритилган ион кристалл панжараси тугунидаги атомга урилиб, уни уз жойидан тугунлар орасига кучириб, Френкель нуксонини хосил килиши, кучирилган атом, агар иондан катта энергия олса, Яна бошка атомларни уз тугунидан уриб чиқариши мумкин. Бундай хол ядровий (эластик) тукнашишлар холи дейилиб, ионнинг йулида тузилиши бузилган сохалар кластерлар (улчами $(5-10) \cdot 10^{-7}$ см) вужудга келади. Ионлар окими етарлича катта булганида кластерлар кушилишиб, макроскопик аморф сохалар хосил килиши хам мумкин.

Иккинчи холда ион кристалл атомларининг электронлари билан ўзаро таъсирлашади ва уз энергиясини атомларни ионлаш ёки галаёнлашга сарфлайди. Бу хол электронлар билан (ноэластик) тукнашишлар дейилади.

Эпитаксия усули. «Эпитаксия» атамаси бундан ярим асрдан хам олдин маълум йуналишда устириш жараёнини белгилаш учун киритилган (юнонча: «эпи»-устига, «таксис»-тартибли урнатиш демакдир).

«Таглик-ўсаётган кристалл фазаси» тизимида ўзаро таъсир табиати буйича эпитаксия жараёнининг автоэпитаксия (гомозэпитаксия), генерозэпитаксия, хемозэпитаксия, реотаксия деб аталадиган турлари бор. Автоэпитаксия таглик ва устириладиган катлам айнан бир хил моддадан иборат холдаги жараёндир. Генерозэпитаксия таглик ва устириладиган катлам турли моддалардан иборат холни билдиради. Бу икки жараёнда тасирлашмайди. Аммо, хемозэпитаксияда янги кристалл фазаси катлами тагликнинг унга келиб тушаётган (дастлабки фазасидан) модда билан кимёвий ўзаро таъсири эвазига хосил булади. Реотаксия жараёнида танликнинг тузилиши усадиган кристалл фазаси тузилишидан фарк килиши мумкин.

Газ-транспорти (буғ фазали) эпитаксия холида утказиладиган модда дастлаб газ (буғ) холатида булади ва у холатда у тагликка етиб боради.

Электронлар ва ковалентнинг энергиялар буйича тақсимоти. Электронлар ярим стинли зарралар булганлиги учун улар Ферми-Дирак статистикасига буйсунади. Яъни электроннинг T температурада E энергияни холатда булиши эҳтимоллигини ушбу

$$f_0(E, T) = \left[1 + \exp \frac{E - F}{kT} \right]^{-1}$$

Ферми тақсимоти функцияси ифодалайди бундаги F солиштирма термодинамика потенциал электро-көмөвий потенциал ёки Ферми сатхи каби номлар билан аталган статистика параметри. Уни текшириладиган намунанинг электронейтраллик шарты асосида топилади. Утказувчанлик электронейтраллик шарты асосида топилади. Утказувчанлик зонасидаги электронлар зичлиги (1 см^3 даги сони) етарлича кам булганда электронлар газини сийрак (айнамаган) газ деб караш мумкин. Бу холда $\exp(-F/kT) \ll 1$ деб хисоблаш мумкин. Шунинг учун Ферми талимоти яъни ифода

$$f_0(E; T) \exp \left(\frac{F - E}{kT} \right) = C(F) \exp \left(-\frac{E}{T} \right).$$

курунишга келади. бу эса классик физиканинг Максвелл-Больцман тақсимоти функциясидир.

Айнимаган ярим утказгич. Утказувчанлик зонасидаги электронлар зичлиги ва валент зонадаги ковалент зичлиги етарлича кичик булса (сийрак электронлар ва ковалент газы), бундай ярим утказгични, кискача, айнимаган ярим утказгич дейилади. У классик статистикага буйсунади, яъни электронлар ва ковалентнинг энергия холатлары буйича тақсимотини Максвелл-Больцман тақсимот қонуни тавсифлайди. Айнимаганлик шарты.

$$\exp(-F/kT) \gg 1$$

курунишда булиб, бу холда F Ферми сатхи тақикланган зона ичида булади.

Айниган ярим утказгич. Электронлар ёки ковалент зичлиги етарлича катта булган ярим утказгич *айниган ярим утказгич* дейилади. Асосий заряд ташувчилар электронлар булган (n -тур) ярим утказгичда эркин электронлар газининг айниганлик шарты F Ферми сатхининг утказувчанлик зонасида булишлигидир, яъни

$$\exp(-F/kT) < 1 \text{ ёки } F > 0.$$

Бундай ярим утказгичда эркин электронлар зичлиги катта, аммо валент зонадаги коваклар зичлиги нисбатан анча кам булади. Уни айниган n-тур *ярим утказгич* дейилади.

Асосий заряд ташувчилар коваклар булган (p-тур) ярим утказгичда эркин коваклар газининг айниганлик шарти F Ферми сатхининг валент зонасида булишлигидир, яъни

$$\exp[(E_g + F)/kT] < 1 \text{ ва } F < -E_g.$$

Бундай ярим утказгичда эркин коваклар зичлиги катта, аммо утказувчанлик зонасида электронлар зичлиги нисбатан анча кам булади. Уни айниган p-тур *ярим утказгич* дейилади.

3.5. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА ТЕРМОЭЛЕКТРИК ХОДИСАЛАР.

Қаттик жисмларнинг иссиқлик сизими деб температура бир градусга узгарганда унинг ички энергияси узгариши микдорига айтилади. У куйидагига тенг: $C = \frac{dE}{dT}$.

Жисмнинг хажми узгармас булганда ($V = const$) иссиқлик сизими: $C_v = \left(\frac{dE}{dT}\right)_{V=const}$, босим узгармас булганда эса: $C_p = \left(\frac{dE}{dT}\right)_{P=const}$ булади.

Одатда, температура узгарганда кристалл қаттик жисмларнинг хажми кам узгарганлиги туфайли уларнинг иссиқлик сизими C_v деса булади. (Хона температурасида C_p сизим C_v сизимдан $\sim 3-5\%$ чамаси ортик холос).

Демак грамм молекуляр (моляр) иссиқлик сизим:

$$C_\mu = C_v = \frac{dE}{dT} = 3 \cdot R \approx 6 \text{ кал/мол} \cdot \text{град. булади.}$$

бир атомли кристалл қаттик жисмнинг моляр иссиқлик сизими $6 \text{ кал/мол} \cdot \text{град.}$ булиши керак. Бу конунни Дьюлонг-Пти конуни дейилади. +уйидаги жадвалда баъзи моддаларнинг иссиқлик сизими берилган:

Моддалар	C_{μ} кал/мол·град.	Моддалар	C_{μ} кал/мол·град.
Алюминий	6.14	Платина	6.29
Темир	6.39	Кумуш	6.13
Олтин	6.36	Рух	6.10
Мисс	5.90	Йод	6.60
+алай	6.63		

Икки атомли кристаллар учун C_{μ} бир атомли кристалларникидан 2 барабар, яъни $C_{\mu} = 12$ кал/мол·град. чунки буларнинг бир граммоли энергияси 2 барабар куп, уч атомли кристаллар учун $C_{\mu} = 18$ кал/мол·град. булиши керак. Бир катор кристаллар учун улчашлар мос кийматларни беради.

Моддалар	C_{μ}	Моддалар	C_{μ}
<i>CuO</i>	11.3	<i>CaCe₂</i>	18.2
<i>NaCe</i>	12.1	<i>BaCe₂</i>	18.6

Квант назариясига асосан паст температураларда Дьюлонг-Пти қонунидан четлашиш кузатилади, аникроги иссиқлик сигимининг камайиши кузатилади.

Мисол:

Мис		Олмос	
Температура, °С	C_{μ}	Температура, °С	C_{μ}
-259	0,04	-183	0,03
-186	3,32	-66	0,64
-39	5,59]85	2,12
]50	5,90]985	5,51

1821 йил Зеебек эффекти очилган. Икки хил утказгич учлари кавшарланиб, уларнинг учларининг температураси хар хил булса, бу утказгичда термо Э.Ю.К. хосил булади: $\varepsilon = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$

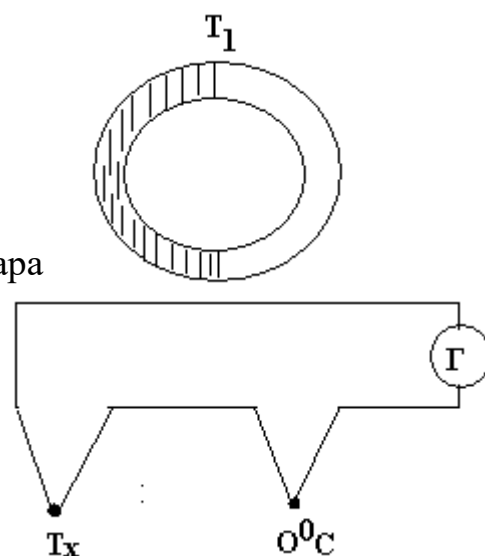
α -термо Э.Ю.К. коэффициенти:

$$\alpha_{\text{укт.}} - 10^{-4} \div 10^{-5} \text{ в / град}$$

$$\alpha_{\text{я.у.}} - 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ в / град}$$

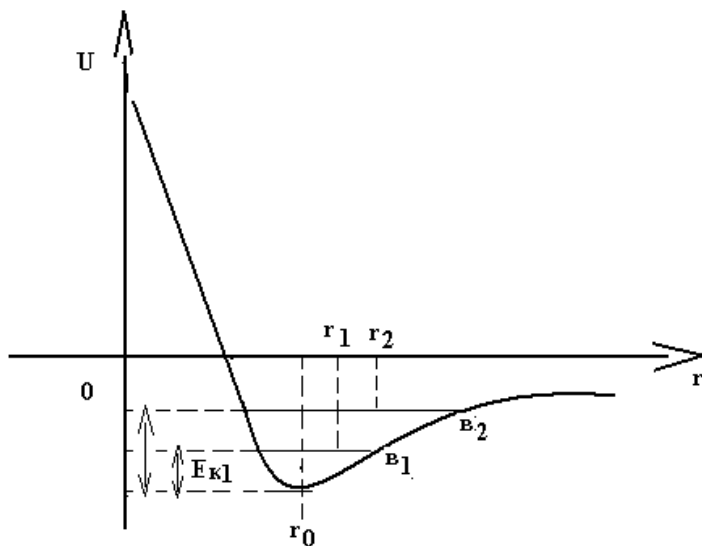
Бу Зеебек эффектига асосан термопара яратилган (А.Ф.Иоффе).

Қаттик жисмларнинг иссиқликдан кенгайишини тушинтириш учун қаттик жисм зарраларининг ўзаро таъсир энергиясининг улар орасидаги масофага боғлиқлиги чизмасига мурожот қиламиз:



Агар зарралар уз мувозанат вазиятларида мутлоқо харакатсиз булса уларнинг кинетик энергияси нолга тенг булар ва улар орасидаги масофа r_0 га тенг булиб, потенциал чуқурнинг тубида жойлашган булар эди. Бу абсолют

ноль температурада булиши мумкин эди.



ноль температурада булиши мумкин эди. Аммо, хақиқатда зарралар уз мувозанат вазиятлари атрофида тебраниб турадилар, яъни муайян кинетик энергияга эга булади. температура ортиши билан бу кинетик энергия хам ортиб боради. T_1 температурада зарра E_{k1} кинетик энергияга эга булиб, чапга a_1 нуктага, уннга b_1 нуктага четлашади. Потенциал эгри чизикнинг носимметриклиги туфайли тебранаётган зарранинг уртача вазияти энди r_0 га тенг булмай, ундан уннга силжиб r_1 кийматга эришади.

Температурани T_2 гача оширилса, зарранинг кинетик энергияси E_{k2} юкори кийматни олади. Бунда зарра чапга a_2 нуктагача, уннга ва нуктагача четлашади, уртача вазият эса r_2 кийматга эришади. Шундай қилиб,

температура ортиб борганида кристалл панжараси тугунлари оралиги ортади, яъни иссикликдаг кенгайиш ($r_2 > r_1 > r_0$) юз беради.

Иссикликдан кенгайиш $V_t = V_0(1 + \alpha \cdot t)$, бу ерда α -иссикликдан кенгайиш коэффиценти дейилади. Иссикликдан кенгайиш коэффиценти α нинг атомлар (моляр) C_v иссиклик сизимига нисбати мазкур модда учун температурага боғлиқ булмаган доимийдир:

$$\frac{\alpha}{C_v} = \frac{\gamma \cdot k}{3V} \text{ Грюнейзен қонуни дейилади.}$$

Хақиқатдан, бу икки ходиса температура ортганда атомлараро масофа ортишига боғланган.

Шундай қилиб, хулоса қилиб айтилса, қаттиқ жисмлардаги барча узгаришлар температурага боғлиқ булади.

Атомларнинг электронлари энергетик сатхларидан таркиб топган энергетик зоналар куйидагича булиши мумкин:

1. Тула тулдирилган зоналар.
2. Чала тулдирилган зоналар.
3. Бутунлай буш зоналар.

1. Тула тулдирилган зонадаги хар бир энергетик сатхда спинлари карама-карши йуналган иккита электрон мавжуд булиб улар ўзаро карама-карши йуналишда харакат килади. Улар электр утказувчанликда катнашмайди. Чунки бунинг учун уларнинг жуфтларини ажратиш, юкори энергетик холатга утказиш ва энг мухими электронлар йуналишини электр майдонга мос равишда буриш, яъни уларнинг йуналган, тартибли харакатини вужудга келтириш керак. Аммо тула тулдирилган зонада буш сатхлари йук. Электр майдон таъсир килганда хам электронлар иккитадан уз сатхларида карама-карши харакат килишда давом этади. Шунинг учун улар ток ташишда катнаша олмайди. Бундай зона Валент зонасидир.

2. Агар зона чала тулдирилган булса, уни утказувчанлик зонаси дейилади. Бундай зона электронлари ток ташишда катнашади. Улар эркин электронлар дейилади. Мазкур зонанинг юкори кисмида буш сатхлар бор. Пастки сатхда жуфт-жуфт булиб жойлашган электронлар электр майдони таъсирида тезлашиб юкоридаги буш сатхларга кутарилади, тезликлари

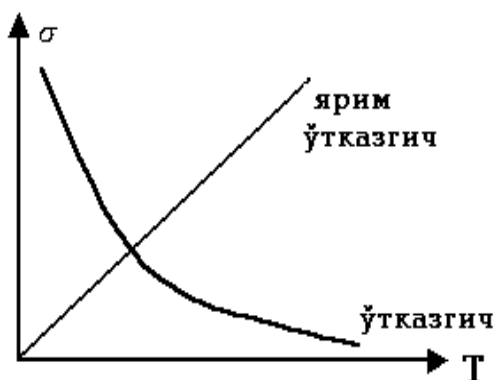
йуналиши электр майдонга мос бурилади. Натижада зонадаги электронларнинг йуналган харакати яъни утказувчанлик хосил булади.

3. Абсолют ноль температурада ($T = OK$) утказувчанлик зонасидаги барча электронлар валент зонага кайтиб тушади ва утказувчанлик зонаси тулик буш булади.

Температура ошса ($T > OK$) валент зонадаги электронларнинг бир кисми (ΔE) такикланган зонанинг энергетик тусигини енгиб юкорига утказувчанлик зонасига утади. Буни тасаввур килиш учун суюклик молекулаларининг буғ молекулаларига айланишига ухшатиш мумкин.

каттик жисмлар узларининг электр утказувчанлигига кура 3 га булинади:

а) Утказгичлар.



б) Ярим утказгичлар.

в) Диэлектриклар.

Утказгич ва ярим утказгичлар узларининг электр утказувчанлиги буйича бир-бирларига карама-карши хисобланади. Утказгичлар утказувчанлиги температурага тескари пропорционал булса, ярим утказгичларнинг электр утказувчанлиги температурага тугри

пропорционалдир.

П-типли ярим утказгичлар учун электр утказувчанлик $\sigma = e \cdot n \cdot \mu_n$ - куринишида, Р-типли ярим утказгичлар учун эса $\sigma = e \cdot P \cdot \mu_p$ -куринишида булади. Хусусий ярим утказгичлар учун эса $\sigma = e \cdot n \cdot \mu_n + e \cdot P \cdot \mu_p$ куринишида булади.

3.6. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА КИНЕТИК ХОДИСАЛАР.

Ташки кучлар таъсирида электронлар, коваклар харакати билан боглик булган ходисалар-кучиш ходисалари (ё кинетик ходисалар ёки кинетик эффектлар) дейилади. Ташки кучлар доимий булганда вужудга келадиган ва бинобарин, вақтга боглик булмаган кучиш ходисалари-стационар ходисалар

дейлади. (масалан: узгармас ток, уларни ифодалайдиган физик катталиклар хам, табиий, вақтга боғлиқ бўлмайди).

Номувозонатий жараёнлар бўлиш кучиш ходисалари улар содир бўлаётган моддадаги ўзаро таъсир турларига, бизнинг ҳолда, утказувчанлик эркин электронларнинг кристалл панжара тебранишлари ёки турли нуксонлари, билан ўзаро таъсирлашишига муҳим даражада боғлиқ бўлади. Номувозонатий ҳолатдаги электронларнинг ҳолатлар буйича тақсимооти функциясини аниқлаш-кучиш ходисалари назариясининг асосий масаласидир.

Термодинамик мувозанатда турган электронлар ва тешикларнинг энергия буйича тақсимооти Ферми функцияси орқали ифодаланadi:

$$f_0(E, t) = \left[1 - e^{\frac{F-E}{kT}} \right]^{-1}$$

Бу эҳтимолий функция бўлиб, у T температурада E энергияли ҳолатда электронларнинг бўлиш эҳтимолидир.

Етарли даражада сийрак айнамаган электронлар гази учун бу формула Максвелл-Больцман тақсимооти курунишини олади:

$$f_0(E, T) = \exp\left[-\frac{F-E}{kT}\right]$$

Номувозонатий ҳолатда эса тақсимоот функцияси электроннинг \vec{r} координатасига, \vec{k} -тулкин векторига ва t вақтга боғлиқ бўлган $f(\vec{r}, \vec{k}, t)$ функция бўлиши керак.

Электронларнинг мазкур ҳолатлар буйича тақсимооти функциясининг тула ҳосиласи куйидагича бўлади:

$$\frac{d}{dt} f(\vec{r}, \vec{k}, t) = \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f d\vec{r}}{\partial \vec{r} dt} + \frac{\partial f d\vec{k}}{\partial \vec{k} dt}$$

Бунда $\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}$ -электроннинг тезлиги, $\vec{F}_{oi} = h(d\vec{k}/dt)$ -умумлашган куч (у ташки ва ички кучларни ҳисобга олади) бўлади.

Статистик физикадаги маълум Лиувилл теоремасига асосан, бу тула ҳосила нолга тенг: $df/dt = 0$. Агар $\frac{\partial f}{\partial \vec{r}} = \Delta_r \cdot f$ а $\frac{\partial f}{\partial \vec{k}} = \Delta_k \cdot f$ эканлигини ҳисобга олсак, юқоридаги тенглама:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = (\vec{g} \Delta_r f) + \frac{1}{h} \cdot (\vec{F}_{oi} \cdot \Delta_k \cdot f) \text{ булади.}$$

Демак f таксимот функциясининг тула узгариши: $\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right) = \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_M + \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_T$ булиб, ташки кучлар ва тукнашишлар таъсирида юз берадиган узгаришлар йигиндисидан иборат.

Стационар ҳолатда $\frac{\partial f}{\partial t} = 0$ булгани учун $\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_M + \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_T = 0$. Бинобарин, ташки кучлар ва тукнашишлар таъсири бир-бирини мувозонатлайди.

3.7. КУЧЛИ ЭЛЕКТР МАЙДОНЛАРИДАГИ ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА КИНЕТИК ХОДИСАЛАР

Кучли электр майдонида электронлар иккита кетма-кет тукнашиш орасида майдондан олган нергияни тукнаши швактида кристалл панжарасига тулигича бериб улгурмаслиги мумкин. Бу энергиянинг колган кисми электронлар орасида ўзаро таксимланиб, уларнинг тартибсиз ҳаракат энергиясини оширади, уртача энергия ортади, яъни электронларнинг T_e температураси панжара T температурасидан юкори булиб олади ($T_e > T$). Бундай электронлар кизиган электронлар дейилади.

Кучли электр майдоннинг таъсири ярим утказгичдан утаётган ток билан кучланиш (ёки кучланганлик) орасида чизикий боғланишдан (Ом қонунидан) четланишга олиб келади, яъни $j = \sigma \cdot \varepsilon$ ток зичлиги ифодасидаги σ электр утказувчанлик электр майдонига боғлиқ булади: $\sigma = \sigma(E)$ ёки $\sigma = \sigma(V)$. Кришмали ярим утказгич учун $\sigma = e \cdot n \cdot \mu_n$ эканлигини эсласак, σ нинг узгариши заряд ташувчилар сони n нинг ёки ҳаракатчанлик μ_n нинг ёки ҳар иккаласининг узгариши орқали содир булади.

Пуль-Френкель ходисаси.

Кучли электр майдонида киришма атомларнинг ионланиш энергияси камаяди, оқибатда утказувчанлик зонасида электронлар зичлиги ортади. Кучли электр майдон булмаганда мазкур концентрация П-тип ярим утказгичда: $n_0 = A \cdot \exp\left(\frac{E_0 \cdot d}{2kT}\right)$ га тенг.

Кучли майдонда ионланиш энергияси:

$$E_d = E_0 - \Delta E_d \text{ булади.}$$

бунда ΔE_d -ионланиш энергиясининг камайиши. Я.И. Френкель буни ҳисоблаб топган:

$$\Delta E_d = 2 \cdot e \cdot \sqrt{\frac{e \cdot \varepsilon}{\varepsilon_0}}$$

бунда ε -электр майдон кучланганлиги, ε_0 -эса нисбий диэлектрик доимий.

Шундай қилиб зичлик:

$$n_0(\varepsilon) = A \cdot \exp\left(\frac{E_d}{2kT}\right) = A \cdot \exp\left(\frac{E_0}{2kT}\right) \cdot e^{-\frac{\Delta E_d}{2kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E_d}{2kT}};$$

конун буйича узгаради.

Зарбий ионланиш.

Утказувчанлик электронлари кучли электр майдонда етарлича катта энергия жамгашиб, валент зонадаги ёки киришма атомларидаги боғланган электронларни зарб билан утказувчанлик зонасига утказиши мумкин, оқибатда эркин заряд ташувчиларнинг n зичлиги ортади.

Электр майдон етарлича катта булганида ва ярим утказгич калин булганда зарбий ионланиш тобора кучайиб, кучкисимон жараёнга айланишимумкин. Шу ходиса асосида махсус диодлар ва транзисторлар тайёрланади.

3.8. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА НУКСОНЛАР

Идеал холдаги тоза кристалл мавжуд булмайди. Кристалларда албатта нуксонлар мавжуд. Улар куйидаги турларга булинади:

Нуктавий (ноль улчовли) нуксонлар. Уларга улчамлари $a > x$; $b > y$; $c > z$ булган нуксонлар киради.

Чизикий (бир улчамли) нуксонлар. Уларнинг икки йуналишдаги улчамлари кичик булиб, учинчи йуналишдаги улчами хар канча булиши мумкин. Шунинг учун чизикий дейилади.

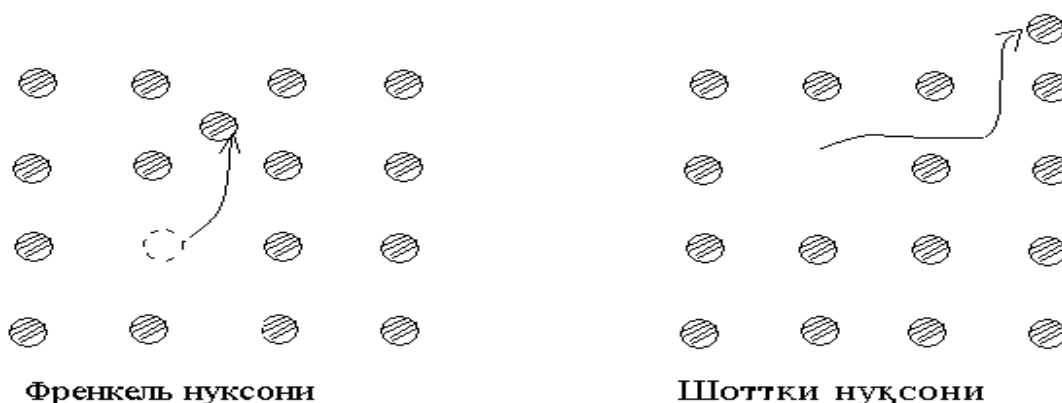
Ясси (икки улчовли) нуксонлар. Уларнинг бир йуналишда улчами кичик булади.

Хажмий (уч улчамли) нуксонлар. Уларнинг баъзилари макронуксонларга тааллуқли булади.

Қаттиқ жисмларда ҳамма вақт мавжуд буладиган нуктавий нуксонлар-атамлардан бушаб қолган тугунлар-вакансиялар ва тугунлар оралигига жойлашиб қолган атомлардир. Вакансияларнинг ҳосил бўлиши атомларнинг иссиқлик тебранишлари билан боғлиқ.

Ташқаридан энергия олган юқори энергияли атомлар уз мувозонат вазиятларидан узоклашиб кетиши (тугуннинг ташлаб кетиши), тугунлар оралигига утиши мумкин. Шунингдек яна буш уринга тугунча кайтиши-рекомбинацияланиши мумкин. Вакансия ва атомлар аро жойлашган атом-Френкель нуксонлари деб аталади.

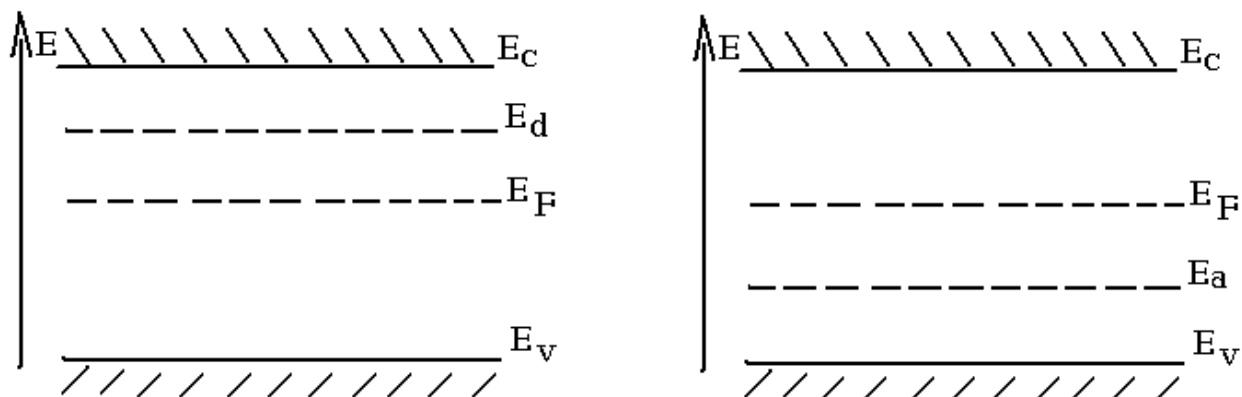
Атомларнинг вакансиялардан қучиб кристалл сиртига чиқиб кетиши натижасида фақат вакансия ҳосил бўлиши-Шоттки нуксони дейилади.



Агар кристалдаги нуксонлар оз булса, бу ҳолда улар бир-биридан анча йирокда жойлашган, яъни кристалл панжара нуксонлари маҳаллийлашган булади. бунда кристалл ичидаги электр майдон фақат нуксон атрофидагина бузилади, бошқача айтганда, кристаллнинг даврий V_0 потенциалига нуксон яқинида V^1 қушимча потенциал қушилади, демак тула потенциал $V = V_0 + V^1$ булади.

Шунинг учун ҳам фақат шу соҳада булган электронларнинг энергетик ҳолатлари узгаради, бу эса идеал қаттиқ жисм электронлари энергия зоналарига қушимча маҳаллий энергетик ҳолатларнинг пайдо бўлишига олиб келади.

Бундай махаллий ҳолатлар сони N нуксонлар сонига тенг. Махаллий энергетик сатхлар (ҳолатлар)да электронлар боғланган.



Нуктавий нуксонлар вужудга келтирган таикланган зонада жойлашган ва утказувчанлик зонаси учун электрон етказиб берадиган энергетик сатхлар-донор сатхлар дейилади. Валент зонаси учун мусбат тешикчалар етказиб берадиган сатхлар-Акцептор сатхлар дейилади.

Нуксонлар чизикий, ясси ва хажмий булиши хам мумкин. Бу уларнинг улчамлари билан боғлиқ.

Кристалл панжара текисликларининг бир-бирига нисбатан силжиши, атомлар каторининг узилиб колиши ёки алоҳида фаза сифатида структура ичида тупланган бегона атомлар ана шундай нуксонларга мисол булади.

Ярим утказгичдаги муҳим нуксонлар бир хили бу чизикий нуксон булмиш чегаравий дислокациялардир. Чегаравий дислокацияни кристалл панжарасига ортикча кириб колган (ёки етишмай колган) атомлар текислиги деб куз олдиға келтириш мумкин:

Хажмий нуксонлар кристалл ичида жойлашган ва геометрик улчамга эға булган йирик нуксонлар-очик ёки ёпик говаклар, дарзлар ёки ёт фазалар хосил килган сохалар киради. Ёт фаза деганда кристалнинг асосий моддаси ташкил килган панжарада бошка модда сукилмаси (фазаси) тушунилади. Масалан: кремний кристали панжарасида кремнийнинг бошка элементлар билан бирикишидан хосил булган бирикма фазалари, хусусан, силицидлар ана шундай нуксонлардир.

3.9. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРНИНГ МАГНИТ ХОССАЛАРИ

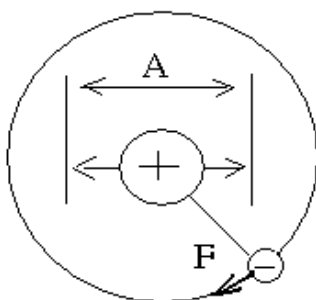
Моддаларнинг магнит хоссалари пайдо булиши куйидагича тушунтирилади:

а) Атомлар ядродан ва улар атрофида айланадиган электронлардан иборатдир.

Орбита буйлаб айланма ҳаракат қилаётган электронлар зарядли зарраларнинг бир томонга тартибли ҳаракатини эслатади. Демак орбита буйлаб айланма ҳаракат қилаётган электрон ток моментини ҳосил қилади. Бу эса уз навбатида магнит моментини ҳосил қилади.

б) Электрон орбита буйлаб ҳаракат қилишдан ташқари уз уқи атрофида ҳам айланма ҳаракат қилади. Бу ҳаракат ҳам кичкина ток момент ива магнит моментини ҳосил қилади.

в) Атом ядролари ҳам уз мувозонат вазиятлари атрофида тебранма ҳаракат қилади. Бу эса уз навбатида магнит моментини ҳосил қилади. Шундай қилиб қаттиқ жисмларни ташкил қиладиган атомлардаги кичик зарраларнинг ҳаракати туфайли ҳар бир атом кичкинагина магнит моменти ҳосил қилади. қаттиқ жисмларни ташкил қилган атомларнинг ана шундай магнит моментларининг йигиндиси шу жисмнинг магнит хоссасини белгилайди.



Электроннинг орбитадаги ҳаракати ва ядронинг ўз мувозонат вазияти атрофида A амплитуда билан тебраниши.



Электроннинг ўз ўқи атрофида айланма ҳаракати.

Моддаларни ташқи магнит майдонига киритилганда улар ташқи майдонга таъсир курсатиб бу майдонларни сусайтиради ёки кучайтиради.

а) Моддаларнинг баъзилари ташқи майдонни сусайтиради. Ташқи \vec{H} майдон ва ички $\vec{A}\vec{H}$ майдон йигиндиси умумий майдонни ташкил қилади:

$$\vec{B} = \vec{H} + \Delta\vec{H} = \mu \cdot \vec{H}$$

\vec{B} - магнит индукция вектори деб аталади.

μ - магнит сингдирувчанлиги дейилади.

$\mu < 1$ булган моддалар диамагнитлар дейилади.

$\mu > 1$ булса моддалар парамагнитлар деб аталади.

$\mu \gg 1$ булса ферромагнитлардир.

Тулмаган d ва f электрон кобикга эга булган металлларнинг барчаси парамагнитдир (C_r, M_n). Мис, висмут ва бошка металллар диамагнитлардир. Ташқи магнит қуйилмаганда диамагнит моддалар атомлари ва молекулаларининг магнит моментлари нолга тенг булади. Шу туфайли электрон кобиклари тулик тулган атом ва молекулаларда диамагнитизмни кузатиш мумкин.

Ток ташувчи эркин электронлар ташқи магнит майдон таъсирида майдон йуналиши атрофида айланишига (прецессия) олиб келади. Бу айланиш йуналиши Ленц коидасига асосан аникланиб, хосил булган магнит майдон ташқи майдонга тескари йуналади. Бу ходиса эркин электронларнинг Ландау диамагнетизми деб аталади.

Магнетиклар учун Кюри нуктаси деб аталадиган температура T_c мавжуд булиб бу температурадан пастда парамагнетиклар ферромагнитга айланади (Fe, Ni)

Ядровий магнит резонанс, циклотрон резонанс ива электрон парамагнит резонанси ходисалари моддаларнинг магнит хоссалари билан чамбарчас богликдир.

Масалан: Узида жуфтлашмаган электронлари булган атомларда кучли магнит майдонига киритилиб турганда ташқаридан бериладиган узгарувчан магнит майдон энергиясини резонанс ютиши ходисаси юз беради. Бу ходиса ЭПР дейилади.

Ташқи узгармас магнит майдони таъсирида атомлардаги электронларнинг энергетик сатхларининг бир неча сатхларга булиниб кетиши ядровий магнит резонанси ходисаси дейилади.

Ушбу магнит хоссаларга асосланиб ишлайдиган спектроскопик физик усуллар ярим утказгичларни урганувчи асосий методлар хисобланиб, илмий-тадқиқот ишларида жуда куп кулланилади.

3.10. ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРНИНГ ОПТИКАВИЙ ХОССАЛАРИ.

Ярим утказгич моддалар ёруглик таъсирига жуда сезгир булади, чунки уларда ютилган энергия эвазига заряд ташувчилар зичлиги ва харакатчанлиги анча узгариши мумкин.

Ёруглик ярим утказгичга тушганда бир неча хил ютилиш холлари юз бериши мумкин.

1. Ёругликнинг хусусий ёки асосий ютилиши-бунда ютилган фотон энергияси хисобига электроннинг валент зонадан утказувчанлик зонасига утиб олиши (зоналараро утиш) (1-расм, 1.) содир булади. Окибатда битта утказувчанлик электрони ва битта ковак (электрон-ковак жуфти) хосил булади. Бундай ютилиш хосил булиши учун фотон энергияси ярим утказгичнинг такикланган зонаси кенглигидан катта булмоги зарур: $\hbar\omega \geq E_g$.

2. Ёругликнинг киришмалар томонидан ютилиши- бунда ютилган фотон эвазига электроннинг киришма атомидан утказувчанлик зонасига ёки валент зонадан киришма сатхига утиши содир булади (1-расм, 2.). Бундай ютилиш юз бериши учун фотон энергияси киришманинг E_i ионланиш энергиясидан каттарок булиши зарур: $\hbar\omega \geq E_i$. Бу энергия такикланган зона кенглигидан кичик ($E_i < E_g$, $\delta\omega \ll E_i \ll E_g$), бинобарин, бу ютилиш инфракизил сохада юз бериши мумкин.

3. Ёругликни ркин заряд ташувчилар ютиши- ёруглик тулкини электр майдони таъсирида заряд ташувчилар мажбуран тебранади, бу ходиса электромагнит нурланиш энергияси ютилиши эвазига юз беради (1-расм 3.)

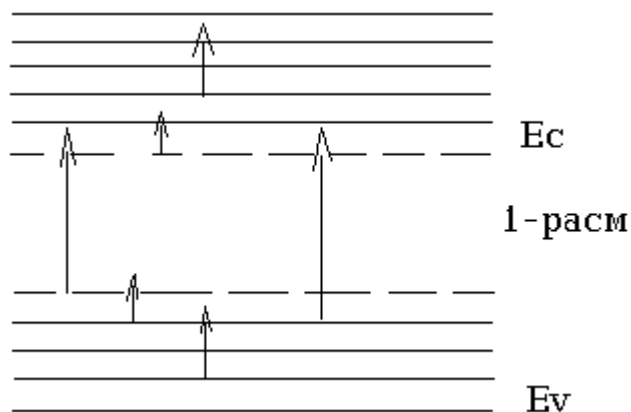
4. Ёругликнинг кристалл панжара тебранишлари томонидан ютилиши-бунда ёруглик энергияси эвазига панжара тебранишлари (мувозанатий тебранишларга кушимча равишда) уйготилади.

5. Экситон ютилиш-бунда ёруглик энергияси хисобига ўзаро боғланган электрон-ковак жуфти (гантель) хосил булади (1-расм, 4.).

6. Ёругликнинг зоналар ичида ютилиши-зоналари мураккаб тузилишга эга булган ярим утказгичларда электрон (ковак) ютилган фотон энергияси хисобига мазкур зона ичида бир холатдан юкорирок бошка холатга утади.

7. Ёругликни электрон-ковак плазмаси ютиши-бу ходисада электронлар ва коваклар тупламидан иборат плазма уз энергия спектрига мос ёругликни ютади, кушимча плазмавий тебранишлар пайдо булади.

Кристалларда ёругликни ютувчи бошқа яна куп марказлар (нуксонлар) мавжуд.



Шишасимон ярим ўтказгичлар: As_2S_3 , As_2Se_3 , As_2Te_3 . Улар ИК нурларни ўтказди. Шунинг учун улардан ИК-спектроскопияда фойдаланилади.

3.11. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЛАЗЕРЛАР

Биринчи ярим ўтказгичли лазер-галлий арсенд ($GaAs$) асосида яратилган.

Н.Г.Басов, Б.М.Вуль ва Ю.М.Попов бу соҳадаги илмий тадқиқотларга раҳбарлик қилган. Ярм ўтказгичли лазернинг бошқа лазерлардан асосий афзаллиги-атомларни ўйғотиш процессининг осонлигидир. Ярм ўтказгичдан ток ўтказилса лазер ишлаб бошлайди.

-Актив элемент сифатида ($GaAs$, $Si(Jn)$, GaP , $JnAs$ бошқалардан фойдаланилади.

-Ярм ўтказгичли лазерлар узлуксиз ва импульс режимида ишлаши мумкин.

-Уларнинг Ф.И.К. қиймати 100%га яқин бўлиши мумкин. Амалий жиҳатдан 40:45%га эришилади.

-Ярм ўтказгичли лазерларнинг ҳам асосий камчилиги-унинг актив элементининг қизиб кетишидир. Ҳозир улар учун креоген совутгичлар ихтиро қилинган.

-Ярм ўтказгичли лазерлар 0,37:16,1 мкм тўлқин узунлигидаги нурланиш яратади.

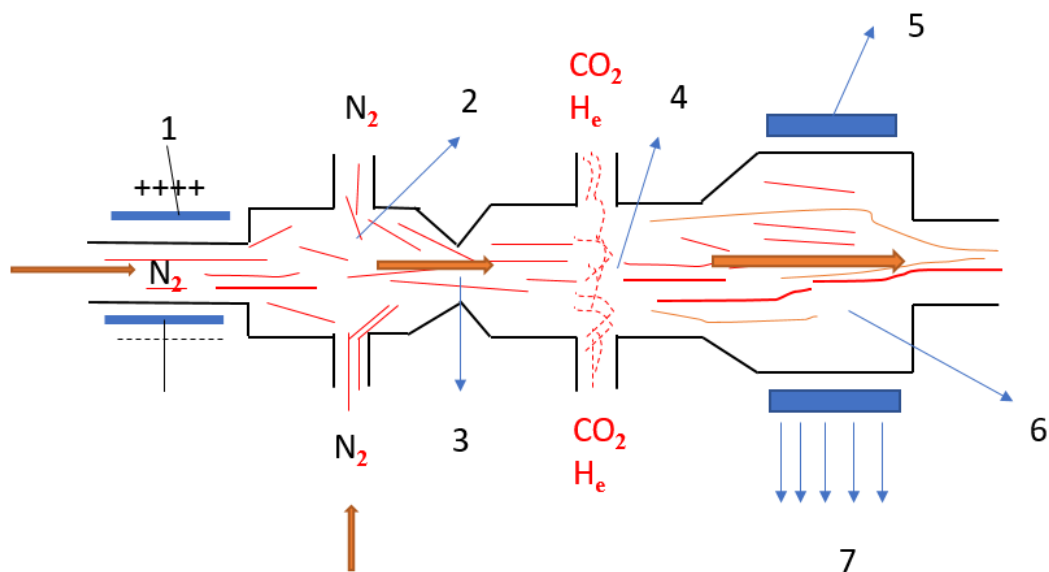
-Ярм ўтказгич лазерларнинг энг асосий ютуғи, унинг актив элементи ўлчамининг кичиклигидир. Улар тахминан 1x1x1 мм.ни ташкил қилади.

-Ярм ўтказгичли лазерларнинг қувватини янада ошириш учун актив элемент бўлган ярм ўтказгични юқори энергияли электронлар билан бомборбировка қилинади. Электронлар ярм ўтказгич материаллар ичига киргач унинг энергияси камида. Электронларнинг энергияси электрон-тешик жуфтлиги ҳосил қилади.

Бир электрон 10^4 донагача электрон-тешик жуфтлигини ҳосил қилиши мумкин.

-Натижада энергетик соҳалардаги инверсион жойлашиш кескин ўзгаради ва лазернинг чиқиш қуввати кескин ошади.

3.12. ГАЗЛИ ЛАЗЕРЛАР



1.- N_2 (Азот газ) атомларни уйғотувчи электродлар.

2.-Иссиқлик N_2 газга яна уй температурасидаги N_2 газга қўшиладиган махсус камера.

3.-Газ ҳажмини сиқиб, унинг атомлари тезлиги оширадиган сопло (тор йўлакча).

4.-Тез ҳаракатланадиган N_2 (азот газ) атомларига совитилган CO_2 (He) карбонат ангидрид газига гелий газ қўшилган ҳолда вертикаль тешиклардан киритилади.

5.-Оптик резанаторлар ойналари.

6.-Азот газ билан аралашиб кетган CO_2 газ атомлари уйғонган ҳолатга ўтиш зонаси (N_2 газ температураси таъсирида)

7.-Ҳосил бўлган лазер нурланиш.

Ҳосил бўлган нурланиш қуввати **20 кВт** атрофида бўлиб, лазер қурилмасининг **Ф.И.К.** и 25-30%ни ташкил қилади.

Бундай қурилма лазерларнинг ишни диапозони $0,41\div 0,64$ мкм.га тенгдир.

Газли лазерлар 5 хил бўлади:

1.Газостатик лазерлар

2. Газодинамик лазерлар.
3. Электроародинамик лазерлар
4. Электроионизацион лазерлар
5. Химик лазерлар.

Газли лазерларда актив элемент сифатида газ ёки газ аралашмасидан фойдаланилади. Газли лазерлар ўзининг юқори спектрал тозалиги, юқори даражадаги когерентлиги, ҳамда импульс ва узлуксиз режимда ишлаши билан ажралиб туради. Аргон, гелий, криптон, неон ва ксенон газлари, ҳамда азот ва углекислий газлардан актив элемент сифатида қўлланилади.

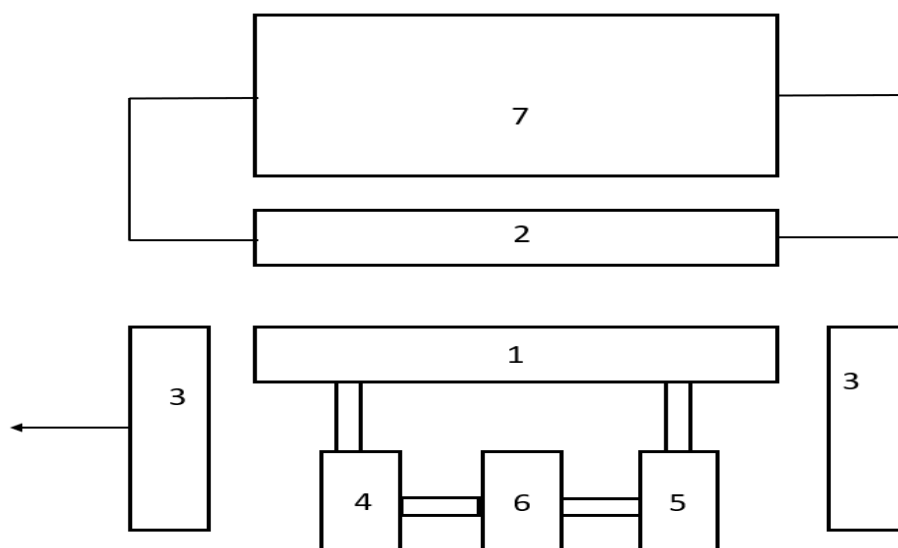
Ҳозиргача газли лазерлар нурланишининг 300 дан кўпроқ частоталарида (асосан оптик диапазонда) лазерлар тайёрланган. Газодинамик лазерларнинг Ф.И.К.и жуда паст ҳисобланади, тахминан 10÷15%. Электроионизацион лазерларнинг Ф.И.К. эса энг юқори, тахминан 50%га яқиндир. Химик лазерларда нурланиш ҳосил қилиш химик реакция ёрдамида амалга оширилади.

Газли лазерлар халқ хўжалигининг барча соҳаларда қўлланилади. Алоқа системасида, локацияда, голгорафияда, ҳисоблаш техникасида, энгил элементлар ядроларининг термоядровий синтезида, ҳарбий соҳаларда, тиббиётда фотографияда, химик реакцияларни бошқаришда кенг қўлланилади.

3.13. СУЮҚЛИКЛИ ЛАЗЕРЛАР

Уларнинг асосий характеристикаси-чиқиш қувватининг юқорилиги, суюқ актив элемент иссиқлик алмашинув камерасидан ўтиши натижасида жуда тез совиши, энг асосийси бундай лазерларнинг тайёрланишига катта маблағ сарф бўлмайди.

Биринчи суюқликли лазер 1962 йилда нитробензол эритмасида яратилган Суюқликларнинг лазернинг нурланиши 0,45-0,58 мкм тўлқин узунлиги сув ости кемаларида кенг фойдаланилади. Чунки сув шундай тўлқин узунлигини энг яхши ўтказади.



Суюқлик лазернинг блок схемаси.

- 1-Аралашма солинган кювета
- 2-Уйғотувчи лампа
- 3-Оптик резанатор ойналари
- 4-Аралашма солинган идиш
- 5-Иссиқлик алмашинув камераси
- 6-Аралашмани хайдовчи насос
- 7-Уйғотувчи лампанинг ток манбаи.

IV- БОБ. ЛАЗЕРЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

4.1. ЛАЗЕР НУРЛАНИШИНИНГ СУВДА ВА АТМОСФЕРАДА ТАРҚАЛИШИ.

Лазер нурланишининг амалий қўлланиши албатда унинг моддий материаллардан –сувдан ва атмосферадан ўтиши билан боғлиқдир.

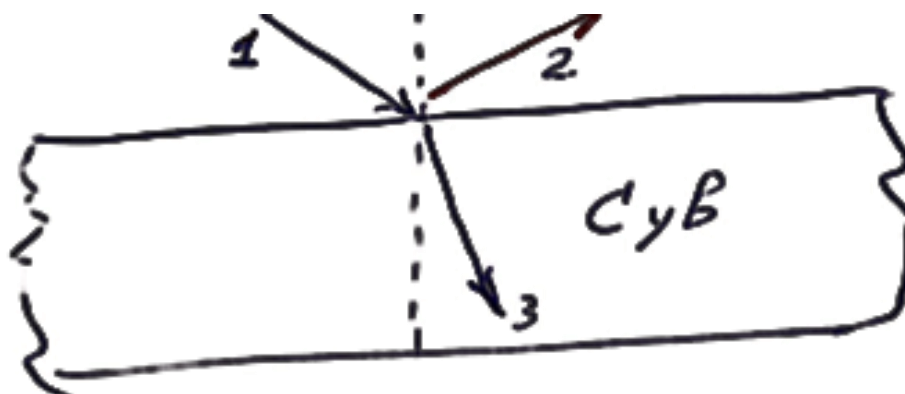
Лазер нурланишининг сувдан ўтиши натижасида унинг интенсивлигининг анча камайиши экспоненциал қонун бўйича ўзгариши тажрибаларда тасдиқланди.

Нурланишнинг кучсизланиш коэффиценти иккита қисмдан иборат бўлади Ютилиш коэффиценти ва сочилишдан иборатдир.

Тоза сувда лазер нурланишининг сочилиши жуда кичик қийматга эга бўлиб асосан нурланишнинг ютилиши кузатилади.

Таббий сув манбалари (денгиз, океан, дарёлар, қулар)да лазер нури ютилиши бир-бирига жуда яқин ва уларни бир хил деб қабул қилиши мумкин. Лекин лазер нурунинг сочилиши эса сувнинг ичидан аралашмалар ва тирик организмлар миқдорига боғлиқ.

Лазер нурланишининг сувдан сочилиши унинг тўлқин узунлиги боғлиқ эмас. Маълумки лазер нури сувга кириш жойида ҳам сочилишга учрайди. Шунинг учун лазер нурунинг сувда кучсизланиши деганда, албатта сув сиртидан сочилишни ҳам ҳисобга олиш лозим:



Сувда лазер нури кучсизланишининг битта кўриниши (нурнинг синиши)

1-Лазер нури

2-Сочилган нур

3-Синган нур

Денгиз суви лазер нурунинг жуда кенг тўлқин узунлиги соҳасидаги кўринишини кескин кучсизлантиради. Фақат ўта кичик частоталар соҳасидаги лазерлар ва тулқин узунлиги кўзга кўринувчи нурларнинг 0,48 мкм. Тўлқин узунлиги атрофидаги қисмидаги лазерлар нурланиши денгиз сувида кўзатилмайди ва шунинг учун денгиз суви орқали лазер нурланиши ёрдамида ахборот ўзатишда лазерларнинг ушбу юқорида қайд қилинган қисмида ишлайдиган приборлардан фойдаланилади.

Лазер нурунинг атмосферада тарқалиши ўзига хос қонуниятга эга.

Атмосферанинг пастки қисмида лазер нури тарқалишида атмосферадаги тумандаги сув томчиларининг лазер нурунинг интенсиф майдони таъсиридаги боғланиши жараёнинг юзасига келишидир. Натижада лазер нури учун ўтиш туйнуги-атмосферанинг ёритилганлиги юқори бўлган қисмининг ҳосил бўлишидир.

Маълумки атмосферанинг туман қисми-улчами жуда кичик бўлган сув томчилари (3-10 мкм) йиғиндисидан иборатдир. Лазер нури таъсирида тумандаги сув томчилари ўлчами кичиклашади-янги буғланиш юз беради. Бундай боғланиш ҳосил бўлиши учун сарфланадиган энергия, туманнинг қалинлигига пропорционалдир.

Ушбу процесс лазер нури қувватига боғлиқдир. Лазер нурланишининг қуввати 10^6 Вт/см² дан ошганда янгича жараён юз беради. Бу жараённинг-квазистационар боғланиши деб аталади. Бу жараённинг бошланиши стационар режими “портлаш” режимига ўтиш чегараси дейилади. “Портлаш” режимида боғланаётган томчининг маълум бир қисмининг ўзи турган жойидан кескин четлашишига олиб келади. Бунда томчининг ўлчам жуда кичиклашиб кетади.

Ушбу процесс туманнинг кескин аралашиб кетишига олиб келиши тушаётган лазер нурунинг янада кенгайишига олиб келади.

Лазер нурунинг 12 км. Баландликкача тарқалишида атмосферанинг турбулентлиги натижасида ҳам лазер нурунинг кенгайиши ва қуввати камайиши юз беради. Шу сабабли бу ҳодисалар ҳам атмосферада лазер нуридан фойдаланишда (маълумотларни ўзатишда) ҳисобга олинади.

4.2. МЕТАЛЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШДА ЛАЗЕР НУРЛАНИШДАН ФЙДАЛАНИШ

Хозирги вақтда лазер нурланиши ёрдамида металлларга ишлов бериш кўйидаги факторга боғлиқ деб ҳисобланади:

1. Лазер нури ёрдамида металлларга ишлов бериш лазер нури учун шаффоф бўлган муҳитда: ҳавода, вакуумда, химояланган ёки оксидланган муҳитларда олиб бориш мумкин.

2. Лазер нурини ўта кичик ўлчамга эга бўлган ҳолатида (микрометр ўлчамларида) фойдаланиш яхши эффект беради.

3. Нурланишнинг иссиқлик таъсири зонасининг жуда кичик ўлчамларга эга бўлиши материалларнинг деформациянишини минимал қийматга эга бўлишини тامينлайди. Металл жисмларда тешиқлар ҳосил қилиш лазерларнинг энг иқтисод жихатдан қулай бўлган қўлланилиши ҳисобланади. Шунингдек иқтисодий жихатдан қулай бўлган қўлланилиши ҳисобланади. Шунингдек иқтисодий жихатдан қулай бўлган қўлланилиш сифатида нур ёрдамида тешиқлар ҳосил қилиш керамика, алмаз, шиша, қаттиқ аралашмаларда қўлланишида ҳам юз беради. Бир қанча давлатлардаги ишни лабораторияларда ўтказилган тажрибалар асосида лазер нурланиши ёрдамида металлларда тешиқлар яшанинг баъзи бир асосий хусусиятлари қўидагича изоҳланади:

1. Лазер нурланиши ёрдамида материалларда фигуралар яшашда материалларнинг қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги бу жараёнда катта таъсир кўрсатмаса ҳам, яхши иссиқлик ўтказувчанликга эга бўлган материаллар ва юқори синдириш кўрсаткичига эга бўлган материалларини қайта ишлашда қуввати катта лазерлардан фойдаланиш тавсия етилади.

2. Металларда ўта чуқур тешиқлар яшаш учун иложи борица импульс режимида ишлайдиган лазерлардан фойдаланиш яхши эффект беради.

3. Катта қувватли битта импульс билан чуқур тешиқлар ясаб бўлмайди. Бунда лазер нури сочилиши ва материалларнинг қатлам–қатламлигини ҳисобга олиши лозим.

4. Металларда чуқур тешиқлар яшашда унинг юқори сифатли бўлиши ва тез ясалиши учун юқори босимли газ ёки газ аралашмаси тешиқдан ўтказиш лозим.

5. Ҳар бир материални–металл, шиша, пластик, қоғоз, картон, фанера, мато материалларни қайта ишлаш учун алохида–алохида, шунга мўлжалланган лазер қурилмаларидан фойдаланиш мақсадида мувофиқдир.

Ҳозирги вақтда энг сўнгги лазер қурилмалари кислород ёрдамида (асосан металл билан ишлашда) ва инерт газ ёрдамида (асосан ёниб кетадиган материаллар билан ишлашда) лазер нури материалларни қайта ишлашда фойдаланилади. Қаттиқ тоғ жинсларини бузиш жараёнида тўлқин узунлиги $L=10,5$ мкм бўлган лазерлардан фойдаланиш 3÷5 секунд вақтда тоғ жинслари ичида ёрилиш содир бўлади. Тоғ жинси (гранит, мрамор, сланс ва бошқалар)ни лазер нури синдирган, уларни оддий қўл билан ҳам олиб ташлаш мумкин, бу жараён шахарлар тагида метро ва тоғларда туннель қазишда энг кўп қўлланиладиган усулдир.

Лазер нурланиши оқими зичланиши материал сиртида ҳосил қиладиган температура қиймати тахминан қўйидаги қийматларга эга:

J , Вт/ см ²	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{12}$
T_c , К	175	1700	14000	80000

Агар лазер нурланиши оқими зичлиги лазер нури импульси давом этиш вақти ва ўрганилаётган металл хусусиятига боғлиқ бўлиши билан биргаликда керакли критик қиймат J_k дан кичик бўлса, нур тушиб турган металл сиртидаги нуқтада металл эриши ва тешик ҳосил бўлиши мумкин (Агар металл пластинка қалин бўлмаса).

Лазер нурланиши оқими зичлиги маълум бир критик J_k қийматдан катта бўлса нур тушган нуқтада температура чексиз ошиб кетади ва металнинг буғланиши юз беради.

4.3. ЛАЗЕР НУРИНИНГ МАТЕРИАЛЛАР ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ.

Лазер нури таъсирида материалларнинг хусусиятларининг ўзгариши ҳар хил физик жараёнлар асосида юз бериши натижасида ушбу ўзгаришларининг тўлиқ тахлилини имконияти мавжид емас. Тажрибалар асосида олинган натижалар сифат жиҳатдан ва баъзи бир сон жиҳатдан аниқланган қонуниятлар асосида юз берадиган материалдаги ўзгаришлар ҳақида тахминий хулосалар, бериш мумкин бўлади. Лазер нурининг материалга таъсири натижасида аввало материалнинг қизиши, кейин унинг суяқ холга ўтиши ва кейинги тартибда материалнинг буғланиши, ҳамда лазер нури тушиб

турган нуктада материалнинг суяқ холатининг “ювилиши” яъни ўша нур тушган нуктадан узоклаштирилиши юз беради. Лазир нури импульс режимда таъсир қилганида боғланаётган материал алоҳида-алоҳида порсиялар кўринишида ажралиб чиқиши кузатилади. Ушбу жароёнлар лазер нурининг материалга таъсири пайтида юз бериши асосан металлларда ва баъзи диэлектрикларда юз беради. Лазер нури тасирида баъзи диэлектрикларда (ярим шаффоф бўлган диэлектрикларда) ва бир жинсли бўлмаган материалларда нур таъсири бошқа кўринишга ега бўлиб, уларда аввал баъзи ёриқлар пайдо бўлиши, кейин материалдан алоҳида бўлақлар ажралиб тушиши кузатилади.

Лазер нурининг материал сиртидан қайтиши ва ютилишининг ўзаро боғлиқлиги материалнинг хусусиятининг ҳар хил ўзгаришига асос бўлади.

Лазер нурланиши тўлқин узунлигининг ошиши нурнинг материал сиртидан қайтиши жараёнини оширади. Масалан, лазер нури тўлқин узунлигининг 0,69 мкм дан 1 мкм гача ошиши материалларнинг эриши учун зарур бўлган қувватнинг 10 баробар ошишидагина содир бўлиши тажрибаларда аниқланди. Шунингдик материал сиртидаги нотекислик ўлчамлари лазер нури тўлқин узунлиги ўлчамига тенг бўлса, нурнинг ютилиш эҳтимоли 2 баробар ошади.

Лазер нури материал сиртига тушганда унинг энергиясининг бир қисми ушбу материал атомларининг валент электронлари ўртача югуриш йўли узунлигига тенг бўлган чуқурликда юз беради. Нурланиш интенсивлигининг камайиши қўйидагига тенг бўлади.

$$J_x = J_0 \cdot e^{-kx}$$

бу ерда J_x - материалнинг ичига x -масофага кирган нур интенсивлиги, J_0 - тушивчи нур интенсивлиги k -ютилиш коэффиценти, x -нур оқимининг материалга кирган масофаси.

Лазер нурланиши таъсирини кўрсатувчи эҳтимоллик қўйидагича

$$L(\tau) = f(\tau, w, p, q, Q, \mu)$$

Бу ёерда τ –таъсир вақти, w –нурланиш энергияси, p -материал зичлиги, q - суяқ металл (эриган металл) миқдори Q –металнинг буғи миқдори, μ –ютилиш коэффиценти.

Лазер нури ёрдамида металлларни кесишда қўйидаги параметрлар қиймати тажрибаларда аниқланган:

Материаллар	Кесиш чуқурлиги, мм.	Кесиш тезлиги, мм/мин.	Кесиш кенглиги, мм	Нурланиш қуввати, кВт
Алюминий	12,7	2286	1,02	15
Углеродли пўлат	6,3	2288	1,01	15
Зангламас пўлат	4,7	1270	2,04	20
Борэпоксид материал	8,1	1651	1,02	15
Эпоксидли шиша тола	12,7	4572	0,63	20
Фанера	25,4	1524	1,52	8
Плексиглас	25,4	1524	1,52	8
Шиша	9,5	1500	1,02	20
Бетон	38,1	51	6,30	8

4.4. ЛАЗЕР НУРЛАНИШИНИНГ МЕТАЛЛАР ЎТКАЗУВЧАНЛИГИГА ТАЪСИРИ

Қаттиқ жисмлар ўзларининг электик хусусиятига кўра 3 гуруҳга бўлинади:

1. Ўтказгичлар (Металлар)
2. Ярим ўтказгичлар
3. Диэлектриклар

Моддаларни (қаттиқ жисмларни) уч хил йўл билан гуруҳларга ажратилади :

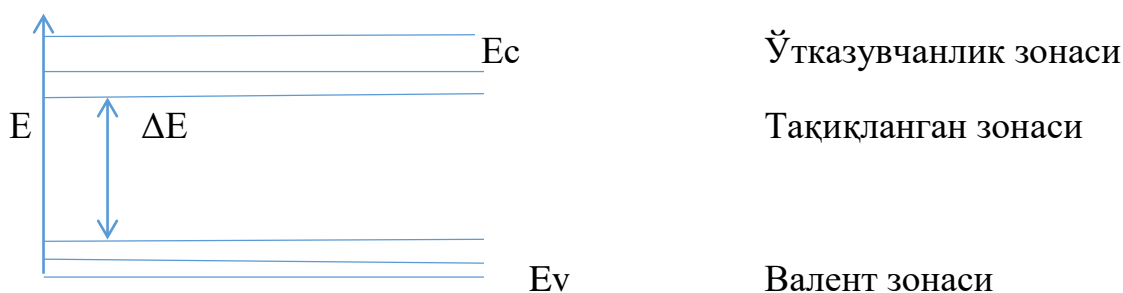
1. Солиштирма қаршилиги қиймати бўйича.
2. Тақиқланган зонанинг кенглигига қараб
3. Электр ўтказувчанликнинг температурага боғлиқлигига қараб

Солиштирма қаршилиги қийматига кўра:

- а) $\rho < 10^{-3}$ ом.см бўлган жисмлар ўтказгичлар деб аталади.
- б) $\rho > 10^6$ ом.см бўлган қаттиқ жисмлар диэлектриклар деб аталади.
- в) 10^6 ом.см $> \rho > 10^{-3}$ ом.см чегарада бўлган қаттиқ жисмлар ярим ўтказгичлардир.

Қаттиқ жисмдаги атомлар ($\sim 10^{22}$ атом/см³)

Электронлари учун қўйидаги кўринишдаги зоналар мавжуддир (электронларнинг энергиялари бўйича тақсимоли):

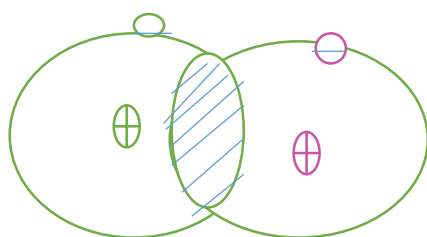
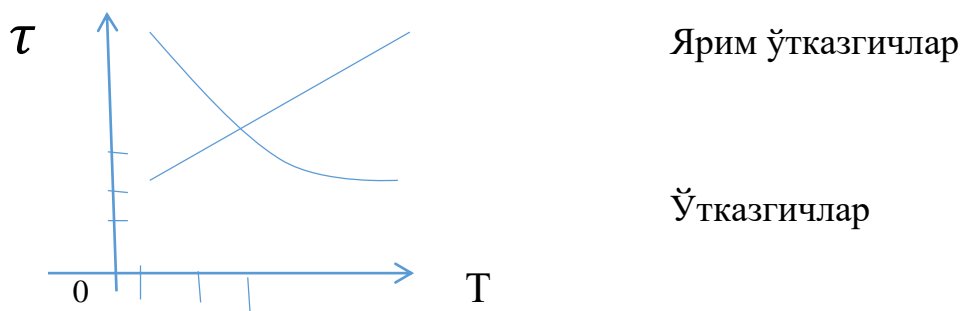


- а). $\Delta E < 0,2$ эв-ўтказгичлар

б). $\Delta E > 3,0$ эв-диэлектриклар

с). $3,0 \text{ эв} > \Delta E > 0,2 \text{ эв}$ -ярим ўтказгичлар.

Қаттиқ жисмларнинг электр ўтказувчанлигининг температурага боғлиқлиги кўйидагича кўринишга егадир:

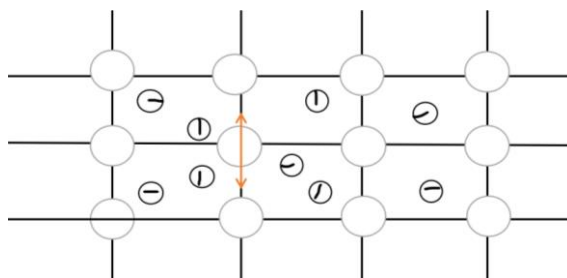


Металл боғланишда иккита атомларнинг ташқи электронлар орбиталари ўзаро бир-бирлари билан қопланиб кетади.

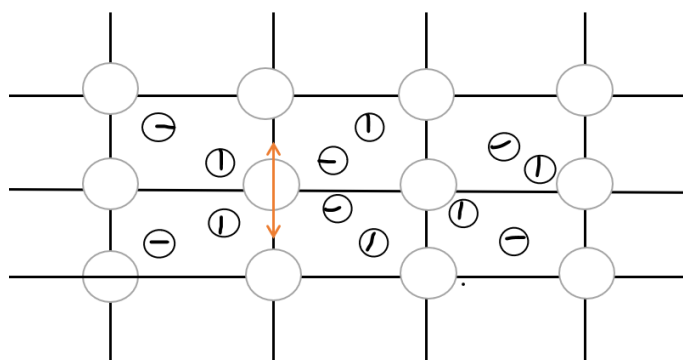
Атомларнинг валент электронлари (ташки электрон қобикдаги электрон) ҳам электр ўтказувчанликда қатнашади. Валент электронлар бир атомдан кейинги атомга энергия сарфламасдан ўтиб ҳаракатланиб кетаверади. Шундай қилиб ток ташувчи эркин электронлар сонига валент электронлар сони ҳам қўшилади ва электр ўтказувчанлик ошади. Шундай қилиб фақат металл боғланишли ўтказгичларда эркин электронлар билан энг ташқи электрон қобикдаги валент электронлар ток ташишда қатнашади. Металлар электр ўтказувчанлигига лазер нурланиши ҳам таъсир қилади. Маълумки металлларда ташқи электрон қобигидаги электронлар эркин электронга айланиб кетгани учун электр токини яхши ўтказишади. Чунки уларда ток ташувчи эркин электронлар жуда кўп. Металлардаги атомларнинг бошқа электронлар атомнинг ядросига кучли боғлангани учун уларни эркин электронга айлантириш жуда қийин ишдир.

Хўш, лазер нури металлларга таъсир қилса нима ходиса юз беради?

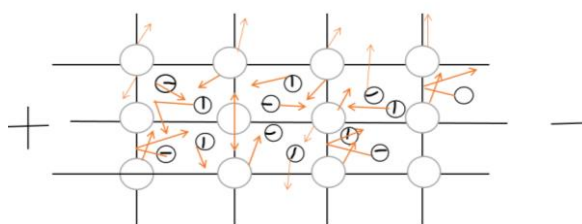
Металлардаги атомлар ўзларининг мувозанат вазияти атрофида тебранма ҳаракат қилади:



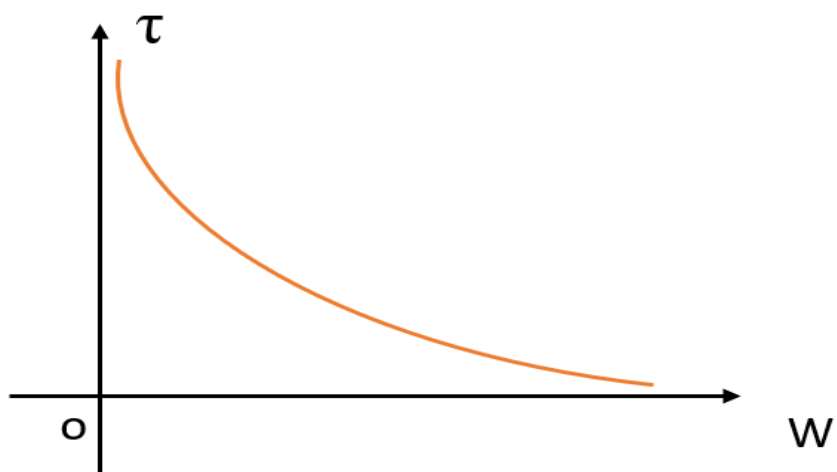
Металлар лазер нури билан нурлантирилса металл кристалл панжарасидаги атомларнинг тебраниш частотаси ва амплитудаси ошиб кетади:



Лазер нури билан нурлантириладиган металл орқали ўзгармас ток ўтказилса ток ташувчи эркин электронлар атомлар билан тўқнашиб ўз ҳаракат йўналишини ўзгартиради:



Натижада металлдан ўтаётган токнинг қиймати камайади. Агар лазер нури қуввати яна оширилса атомларнинг тебраниши янада ошади ва эркин электронлар тебранаётган атомларда сочилиши янада кўпаяди ва металл орқали ўтаётган ток қиймати янада камаёди, яъни металлнинг қаршилиги ошиб боради, натижада нурланиш дозаси ва металлнинг электр ўтказувчанлиги орасидаги боғланиш қўйидагича кўринишга эга бўлади:



Нурланиш дозаси ошиб бориши билан металлар қаршилиги ошади ва электр ўтказувчанлиги камайиб боради.

4.5. ЛАЗЕР НУРЛАНИШНИНГ ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИДА ҚЎЛЛАНИЛИШИ.

Лазер нурланишнинг қишлоқ хўжалигида қўлланилиши XX-асрнинг 80-йилларида Қозоғистон Республикасининг олимлари томонидан буғдой ва арпа экинларининг униб чиқиши, ривожланиши ва ҳосилдорлигига тасирини ўрганишдан бошланган эди.

Тўлқин узунлиги $L=0,63$ мкм бўлган қизил нурли лазернинг қишлоқ хўжалик экинларига ижобий таъсирини ўрганиш асосида қишлоқ хўжалик экинлари (буғдой, арпа)нинг ҳосилдорлигини 10-15%га оширишга эришилганлиги ҳақида илмий мақолалар ҳар хил илмий журналларда нашр қилинган эди.

XX-асрнинг 90-йилларида Ўзбекистонда лазер нурланишининг қишлоқ хўжалик экинлари (ингичка ва ўрта толали пахта) уруғларининг униб чиқиши, ривожланиши ва ҳосилдорлигига таъсири Термиз давлат унверситети қошидаги “Лазерлар физикаси” илмий лабараториясида бир неча хил уруғларда ўрганилиши бошланиб, олинган натижалар асосида илмий мақола ва тезизлар чоп қилинди.

Лазер нурининг қишлоқ хўжалигида қўлланилишида мақсад нима? ва лазер нури қишлоқ хўжалигига қандай ёрдам бериши мумкин?

Лазер физикасини ўрганилиши асосида унинг қишлоқ хўжалик экинларига таъсири асосан қўйдагича асосланади:

Биринчидан лазер нурланишининг $L=0,63$ мкм тўлқин узунлиги қизил нури таъсирида ўсимликлар уриғидаги хўжайраларнинг ривожланиш тезлиги ошади.

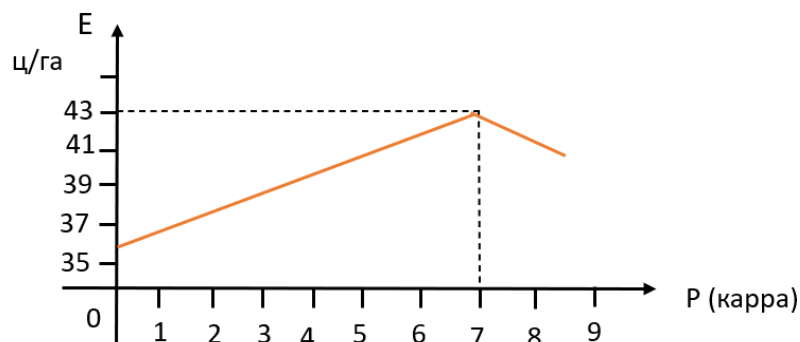
Иккинчидан хўжайралар ривожланиш тезлиги ошганлиги сабабли уларнинг бўлиниши тезлиги ҳам ошади.

Хўжайраларнинг бўлиниши тезлигининг ошиши ушбу уруғларнинг униб чиқиши тезлигини ҳам оширади.

Учинчидан лазер нурланиши таъсири ўсимлик уриғидан униб чиққан кўчатларда ҳам давом этиб, улардаги хўжайралар ҳам тез ривожланиб, уларнинг бўлиниш тезлиги ошади.

Натижада кўчатлар тез ўсади ва охириги натижа ўсимлик ҳосилдорлиги ҳам ошиши кузатилади.

Қуйдаги графикда лазер нурининг ингичка толали пахта хосилдорлигига таъсири натижаси келтирилган:

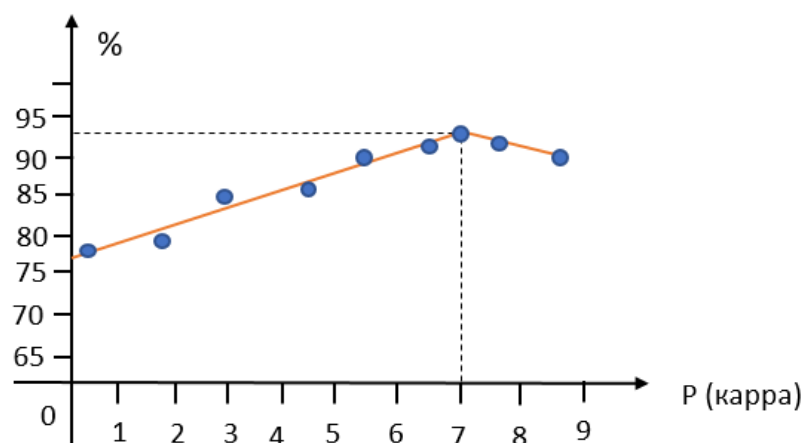


Ингичка толали Т-16 навли пахта хосилдорлиги (E) нинг лазер нурланиши миқдори (P)га боғлиқлиги графиги.

Графикдан кўриниб турибдики Т-16 навли ингичка толали пахта чигитини лазер нури билан нурлантириш натижасида олинган натижаларнинг кўрсатилишича Т-16 навли ингичка толали пахтанинг хосилдорлиги **35 ц/га** га тенг бўлган бўлса, уни лазер нури билан 7 карра нурлантирилса хосилдорлик **43ц/га** гача ошиши тажрибаларда аниқланди.

Ушбу нурланиш дозасидан кам ва кўпроқ бўлса, пахта хосилдорлиги камроқ бўлиши аниқланди.

Лазер нурланишининг қишлоқ хужалик экинлари уруғларининг униб чиқиши, ривожланиши ва хосилдорлиги таъсири бўйича мавзумиз бошида берган умумлашган хулосаларимизни асослайдиган тажрибалар натижаларини сизга тавсия киламиз. Лазер нурининг ингичка толали пахта чигити униб чиқишига таъсирини кўрсатувчи қуйдаги график бу хулосаларни тасдиқлайди:



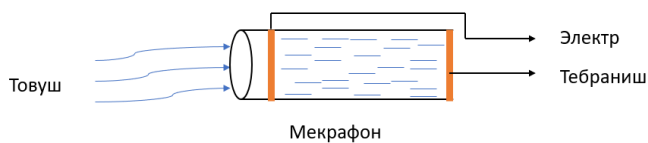
T-16 навли ингичкатолали пахтанинг чигити униб чиқишининг лазер нурланиши миқдори (P)га боғлиқлиги .

Ҳақиқатдан ҳам T-16 навли ингичка толали чигити нурланмаган холда далага экилганда 73% чигит униб чиқиши тажрибаларда тасдиқланган. Шу чигитни лазер нури билан нурлантириш натижасида чигитларнинг 93% и униб чиқиши тажрибаларда аниқланди. Демак лазер нурининг қишлоқ хўжалигида қўлланилиши ижобий натижалар бериши тажрибаларда тасдиқланди. Термиз давлат унверситети “Лазерлар физикаси” илмий лабараториясида ингичка толали T-14, T-16, T-24 ва A-25, ҳамда ўрта толали Бухоро-2, Тошкент, Наманган-77 навли пахта уриғи униб чиқиши, ривожланиши, хосилдорлигига лазер нурининг ижобий таъсирини ўрганиш, шунингдек буғдой, ловия, турп, памидор, пиёз, лавлаги каби қишлоқ хўжалик экинлари уруғини лазер нури билан нурлантириш бўйича тажрибалар ўтказиб, нурланиш таъсирини тажрибаларда ўрганилди ва илмий асосланган хулосалар тайёрланиб, вилоят қишлоқ хўжалик бошқармаси ва шу соҳада ишлайдиган хўжаликларга илмий тавсиялар берилди.

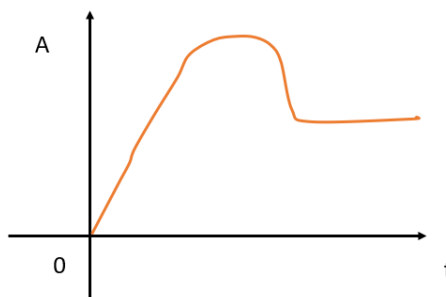
4.6. ЛАЗЕРЛАРНИНГ АЛОҚАДА ҚЎЛЛАНИШИ .

Товуш (овоз)—паст частотали тебраниш ҳисобланиб узок масофага тарқамайди. Бунинг учун лазердан фойдаланилади.

Товуш (овозни) электр тебранишга айлантирувчи-микрофондир:

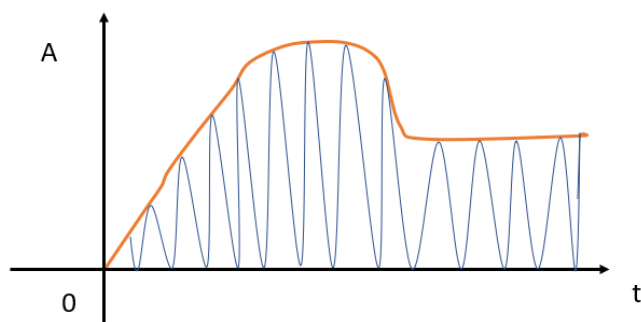


Паст частотали товуш тебранишнинг электр тебраниши кўринишининг графиги қўйидагича



Лазер нури ушбу паст частотали электр тебраниш кўринишига киритилади.

-Модуляция қилинади, модуляция қилинган электромагнит тўлқиннинг график кўриниши қўйидагича:



Бундай юқори частотали сигнал жуда узоқ масофалар етиб бора олади. Теле-радио-эшиттиришларни узатиш (50 км) шунингдек денгиз ва океанлардаги кемалар билан алоқа шундай амалга оширилади.

Бундай суъний йўлдошлар (космик кемаларга) катта ёрдам беради.

Маълумки электромагнит тўлқинларнинг хар хил объектларда сочилиши ва ўз йўналишини ўзгартириш ушбу электромагнит тўлқин олиб кетаётган маълумотнинг бузилиши ёки жуда кучсизланишга олиб келади. Чунки электромагнит тўлқин олиб кетаётган маълум бир масофага узатиш учун аввал узатиладиган маълумот юқори частотали тебраниш кўринишида модуляция қилинади ва шундан кейин локаторлар ёрдамида электромагнит нурланиш (тўлқин) кўринишида фазога узатилади. Бундай электромагнит тўлқин барча сферик кўринишда самода тарқалади. Электромагнит тўлқиннинг барча йўналишлари бўйича тарқалаётган қисмларининг умумий энергияси фақат озгина қисми керакли маълумотлар қабул пунктига етказиб боради. Электромагнит тўлқиннинг бошқа қисмлари фазода тарқалиб йўқолиб кетади. Шу сабабли электромагнит тўлқинни локаторлар ёки антенналар орқали узатилганда бундай информация (маълумот)ни етказувчи тўлқиннинг фойдали иш коэффициенти тахминан 10-15%ни ташкил қилади. Информатцияни тўлиқ узатиш учун лазер нуридан фойдаланиш яхши натижа беради.

ЛАЗЕРЛАР ФИЗИКАСИДАН ТЕСТ САВОЛЛАРИ.

1. Лазер сўзининг маъноси нимани билдиради?
 - А) Монохроматик нурланиш манбаи.
 - Б) Когерент нурланиш манбаи
 - С) Мажбурий нурланиш ёрдамида ёруғликни кучайтириш.
 - Д) Нурланиш ҳосил қилишни билдиради.
2. Индукцион нурланиш қандай ҳосил бўлади?
 - А) Атомлар ўйғонган ҳолатдан асосий ҳолатга ўтишида
 - Б) Спонтан нурланиш кванти ўйғонган атом ёнидан ўтганда
 - С) Атомлар асосий ҳолатдан ўйғонган ҳолатга ўтганда
 - Д) Атомлар асосий ҳолатда турганда.
3. Спонтан нурланиш қачон пайдо бўлади?
 - А) Атомлар ўйғонганда ҳолатдан асосий ҳолатга
 - Б) Атомлар асосий ҳолатда турганда
 - С) Индукцион нурланиш ёрдамида ҳосил бўлади.
 - Д) Ташқи майдон таъсирида
4. Рубин кристалли биринчи лазернинг актив элементи қандай бўлган?
 - А) Ярим ўтказгич
 - Б) Газ аралашмаси
 - С) Суюқлик
 - Д) Қаттиқ жисм
5. Лазер нурланишда неча хил частоталарга эга тебранишлар йиғилган бўлади.
 - А) 7 хил, Б) 1 хил, С) 2 хил, Д) 3 хил
6. Лазер нурланиш қандай такрорланади?
 - А) Сфера бўйича
 - Б) Конуссимон йўналишда
 - С) Тўғри чизиқ бўйлаб
 - Д) Спиралсимон ҳолда
7. Лазерларни кашф қилгани учун Нобель мукофати олган олимлар ким?
 - А) Курчатов, Сахаров, Ньютон
 - Б) Басаов, Прохоров, Таунс.
 - С) Эйнштейн, Бор, Холл
 - Д) Иванов, Петров, Сидоров,
8. Ўйғонган ҳолатдан асосий ҳолатга неча хил йўл билан ўтиши мумкин?
 - А) Икки хил, Б) 3 хил, С) 1 хил,

Д) Чексиз кўп йўл билан.

9. Бир атомли кристалл қаттиқ жисмнинг моляр иссиқлик сизими канчага тенг?

А) 6 кал|мол. град

В) 10 кал|мол. Град

Г) 1 кал|мол. Град

Д) 100 кал|мол. Град

10. Кристалларда иссиқлик энергиясини кандай зарралар оркали узатилади?

А) Атомлар

В) Фононлар

Г) Ионлар

Д) Молекулалар

11. Адиобатик яқинлашишда кандай шарт бажарилади?

А) Электронлар харакатсиз туради.

В) Ядролар катта амплитуда тебранади.

Г) Ядролар харакатсиз туради.

Д) Ядролар ва электронлар ўзаро таъсирлашмайди.

12. Бир электронли яқинлашиш методининг маъноси нима?

А) Ядролар ўзаро таъсирлашмайди.

В) Ядролар Билан электронлар ўзаро таъсирлашмайди.

Г) Электронлар эркин харакат килади.

Д) Электронлар узлари хосил килган потенциал майдонда харакат килади.

13. Крониг-Пенни модели нимани белгилайди?

А) Кристаллни энергиясини

В) Электрон энергияларининг рухсатланган ва тақиқланган сохаларидан иборат булишини

Г) Электроннинг эркин харакатланишини

Д) Атомларнинг панжара тугунларида тинч туришини.

14. Электрон энергиялари зоналари кандай хосил булади?

- А) Электрон энергиялари сатхларининг ўзаро кушилишида
- В) Ядроларнинг тинч туришида
- Г) Ядроларнинг ўзаро таъсирида
- Д) Электронларнинг ўзаро таъсирида.

15. Ток ташувчи мусбат зарядли коваклар кандай хосил булади?

- А) Ядроларнинг ўзаро таъсирлашиши натижасида
- В) Электроннинг бошка зонага утиши натижасида унинг урнида хосил булган буш холат.
- Г) Электронларнинг ўзаро тукнашишидан
- Д) Электронларнинг атомларида сочилишидан

16. Электрон кайси зонада турганда ток ташишда катнашади?

- А) Валент зонада
- В) Утказувчанлик зонада
- Г) Кристалл панжарадан ташкарида
- Д) Атомга боғланган холда.

17. Коваклар кайси зонада жойлашади?

- А) Такикланган зонада
- В) Валент зонада
- Г) Атом ядросида
- Д) Кристалл панжарадан ташкарида

18. Хусусий тартибсизланиш нуксонлари неча хил булади?

- А) 3 хил
- В) 5 хил
- Г) 2 хил
- Д) 10 хил

19. Аралашма атомлари кристалл панжарада кандай нуксон хисобланади?

- А) Хажмий нуксон
- В) Нуктавий нуксон
- Г) Дислокация
- Д) Кристалл панжаранинг буралиши.

20. Радиацион нуксонлар қандай ҳосил бўлади?

- А) Юқори энергияли нурланиш таъсирида
- В) Иссиклик энергияси таъсирида
- Г) Босим таъсирида
- Д) Ядроларнинг тебраниш натижасида

21. Экситонлар деб нимага айтилади?

- А) Вакуумларнинг группасига
- В) Электрон ва ковалент жуплиги
- Г) Ядролар жуплигига.
- Д) Электрон ва ядро жуплиги.

22. Суюқлик нуктаси бўлмаган моддалар нима деб аталади?

- А) Кристалл
- В) Аморф
- Г) Суюқ
- Д) Газ

23. Зичланган (конденсирланган) моддалар системаси неча турга бўлинади?

- А) 5 та В) 2 та Г) 4 та Д) 8 та

24. Суюқ кристалларнинг неча тури бор?

- А) 10 та В) 3 та Г) 9 та Д) 8 та

25. Термоэлектрон эмиссия ҳодисаси нима?

- А) қаттиқ жисмни қиздирганда ундан электронларнинг чиқиши.
- В) Ядроларни уз урндан силжиши.
- Г) Атомларнинг уйғониши.
- Д) Электронларнинг уйғониши.

26. Адсорбция ҳодисаси моҳиятини тушунтиринг?

- А) қаттиқ жисмларнинг ўзаро таъсирлашуви
- В) қаттиқ жисм сиртини газ атомларининг қоплаши

Г) Суюкликнинг буғланиши.

Д) қаттиқ жисм сиртининг хулланиши.

27. Циклотрон резонанс ходисаси нима?

А) Магнит майдонининг электронга таъсири

В) Атомларнинг электронлар билан тукнашишининг ошиши

Г) Магнит майдонидаги электроннинг циклик частотасидан катта частотали электромагнит тулкиннинг резонанс ютилиши.

Д) Моддалар магнит хусусиятининг узгариши.

28. Аралашмали утказувчанлик деб нимага айтилади?

А) Ярим утказгичда аралашма атомлари хосил килган электр утказувчанлиги

В) Диэлектрикларнинг электр таъсирида утказувчанлиги

Г) Температура таъсирида утказувчанликнинг ошиши

Д) Нурланиш таъсирида утказувчанликнинг ошиши.

29. Холл эффектининг мохиятини тушунтиринг?

А) Электр утказувчанлиги ошиши

В) Кристалларнинг магнитланиши

Г) Ток йуналишига кундаланг магнит майдон куйилганда ён томонларда потенциаллар фарки булиши

Д) Рентген нурларининг дифракцияланиши.

30. Ута утказувчанлик деганда нимани тушунаси?

А) Моддаларнинг температураси 0 га тенг булиши

В) Моддаларнинг электр каршилигининг 0 га тенг булиши

Г) Ток ташувчиларнинг ўзаро таъсирлашиши

Д) Ток ташувчиларнинг атомларда сочилиши.

31. Купер жуфтлари қачон хосил булади?

А) Температура ортганда

В) Ута утказувчанлик ҳолатида

Г) Кристаллар деформацияланганда

Д) Босим таъсирида

32. Зеебек эффектининг мохиятини тушунтиринг?

- А) Нурланиш таъсирида утказувчанликнинг ошиши
- В) Босим таъсирида утказувчанликнинг ошиши
- Г) Металларда иссикликнинг узатилиши
- Д) Температурада фарки металлнинг икки учида Э.Ю.К. хосил килади.

33. Томпсон эффектининг мохиятини тушунтиринг?

- А) Иссикликнинг таъсирида электронларнинг тезлашиши.
- В) Температуралар фарки булганда ташувчи электронларнинг кристалл панжарага кушимча энергия бериши.
- Г) Электронларнинг ўзаро тукнашуви
- Д) Атомларнинг тебранишларининг ошиши.

34. Пельтье эффекти мохиятини тушунтиринг?

- А) Иссиклик натижасида утказувчанликни ошиши
- В) Ток ташувчилар сонининг купайиши
- Г) Икки учи контакт килинган металллардан ток утганда иссиклик ажралиб чиқиши.
- Д) Ток ташувчиларнинг атомларда сочилиши

35. Магнит майдон кандай хосил булади?

- А) Электронларнинг ўзаро таъсири натижасида
- В) Ток ташувчиларнинг тартибли харакати асосида
- Г) Ядролар тебранишининг пасайиши натижасида
- Д) Ток ташувчиларнинг купайиши натижасида.

36. Оптик квант генераторлари кандай нурланиш хосил килади?

- А) кизил Б) Яшил В) Монохроматик Г) Оддий ёруглик.

37. Индукцион нурланиш деб нимага айтилади?

- А) Ок ёругликга айтилади.
- Б) Атомларнинг ютадиган нурланишига
- В) Бошка нурланиш таъсирида атомларнинг худди шундай нурланиши хосил қилишига.

Г) Жисм сиртидан кайтган нурланишга.

38. Актив элемент нима вазифани бажаради?

А) Лазер нурланишини хосил килади.

Б) Нурланишни кучайтиради.

В) Нурланишни кайтаради.

Г) Нурланишни ютади.

39. Резонаторнинг вазифаси нима?

А) Нурланишни кайтаради.

Б) Нурланишни кучайтиради.

В) Нурланишни огдиради.

Г) Нурланишни сундиради.

40. Лазер сузининг маъноси нима?

А) Нурланиш хосил қилиш.

Б) Атомларни уйғотиш.

В) Мажбурий нурланиш ёрдамида ёруғликни кучайтириш.

Г) Ёруғликни синдириш.

41. Оптик квант генераторлари хосил қилган нур қандай тарқалади?

А) Сферик Б) Конуссимон

В) Тугри чизикли. Г) Тарқалмайди.

42. Газли лазерларда энг қўп ишлатиладиган газ аралашмасини топинг?

А) Кислород-водород.

Б) Водород-аргон.

В) Аргон-неон.

Г) Гелий-неон.

43. қаттиқ жисмли лазерларда қандай атомлар уйғонган ҳолатга чиқиб лазер нурланиши хосил қилади?

А) Матрица атомлари.

Б) Аралашма атомлар.

В) Сиртда жойлашган атомлар.

Г) Асосий ҳолатдаги аралашма атомлари.

44. Уч сатхли ва тўрт сатхли энергетик системада иккинчи сатх нима деб аталади?

А) Асосий сатх. Б) Метастабил сатх.

В) Уйғонган сатх. Г) Ишчи сатх.

45. Лазерлар қандай режимда ишлайди?

А) Узлуксиз Б) Импульсли

В) Узлуксиз ва импульсли. Г) Иш режими йук.

46. Ката тезликни электронлар оқими қандай қурилмада ҳосил қилинади?

А) Реакторда Б) Циклотронда

В) Тезлатгичда Г) Рефрактометрда

47. Нурланиш частотаси ва тулқин узунлиги ўзаро қандай боғланган?

А) Ўзаро тесқари пропорционал

Б) Ўзаро тугри пропорционал

В) Ўзаро боғланмаган

Г) Бошқа параметрлар орқали боғланган

48. Атомлар асосий ҳолатдан уйғонган ҳолатга нима асосида утади?

А) Тезланиш асосида Б) Инерция асосида

В) Ташқи туртки асосида Г) Ташқаридан энергия олиши асосида

49. Оптик квант генераторларнинг назарияси қим томонидан яратилган?

А) Академик Александров А.

Б) Академик Фабрикант Б.

В) Академик Королев С.

Г) Академик Иоффе А.

50. Лазерлар яратилиши буйича Нобель мукофоти қайси йили берилган?

А) 1930. Б) 1950. В) 1964 Г) 1974.

51. Оптик квант генераторларини яратгани учун қимга Нобель мукофоти берилган?

- А) Басов Н., Прохоров Г., Таунс
- Б) Келдиш М., Александров А.
- В) Королев С., Туполев А.
- Г) Иоффе А., Регель А.

52. Лазер нури усимликлар уругига кандай таъсир этади?

- А) Уругларни киздиради.
- Б) Уругларда фотосинтез процессини тезлаштиради.
- В) Уругларни туксузлантиради.
- Г) Уругларни катталаштиради.

53. Нурланиш частотаси нимага боғлиқ?

- А) Актив элементга Б) Резонаторга
- В) Нур рангига Г) Асосий ва уйгонган холатлардаги энергия фаркига.

54. Нурланиш энергияси ва тулкин узунлиги ўзаро кандай боғланган?

- А) Энергия ва тулкин узунлиги ўзаро пропорционал.
- Б) Тескари пропорционал
- В) Боғлиқ эмас. Г) Тугри жавоб йук.

55. Нурланиш куввати кандай актив элементда энг катта булади?

- А) Газ
- Б) Суюклик
- В) Ярим утказгич
- Г) қаттиқ жисм

56. Лазерлар неча турга булинади?

- А) 5
- Б) 4
- В) 2
- Г) 10

57. Ядровий гамма резонанс спектроскопиясининг физик мохияти нима?

- А) Ядроларнинг гамма нур чиқариши

- Б) Ядроларнинг резонанс равишда гамма нур чикариши ва ютиши.
- В) Ядроларнинг гамма нур ютиши.
- Г) Ядроларнинг энергиясини узгартириш.

58. Изомер силжиши кандай параметрларни аниклайди?

- А) Атомларнинг заряд холатини
- Б) Кристалл тузилишини
- В) Координацион сони
- Г) Энергетик сатхлар холатини.

59. Квадруполь ажралиш кандай параметрларни аниклайди?

- А) Энергетик сатхларнинг булинишини.
- Б) Энергетик сатхлар силжишини.
- В) Панжара деформациясини
- Г) Координацион сонни.

60. Тепки энергияси кандай хосил булади?

- А) Ядролар энергияси ошганида
- Б) Ядролар гамма квант чикариши ва ютиши жараёнида.
- В) Гамма квантлар нурланиши процессида
- Г) Атомлар ўзаро таъсирлашганда.

61. Кристалл панжара оддий куб булганида ЯГР спектри кандай булади ?

- А) Куп линиядан иборат
- Б) Изомер силжиши булмайди
- В) Линия кенглиги нормал булади
- Г) Линия тармокланган булади

62. Кристалл панжара куб структурадан фарк килса спектр кандай булади?

- А) Спектр бир неча булакдан иборат булади
- Б) Спектр кенглиги ошиб кетади.
- В) Спектр бир линиядан иборат

Г)Спектр пайдо булмайди

63. Холл эффектининг физик маъноси нима ?

А) Зарраларнинг тезланишини

Б) Магнит майдони сусайиши

В)Магнит майдонда зарядли зарраларнинг харакатига майдон таъсири

Г) Зарядли зарраларнинг энергияси ютилиши

64.Магнит майдони зарядли заррага кандай таъсир курсатади?

А)Зарра харакатдан тухтайди

Б)Зарра тескари йуналишда харакатланади

В) Зарра харакат йуналаши узгармайди

Г) Магнит майдон энергияси ошади

65. Холл потенциали кандай хосил булади ?

А) Зарядли зарралар майдон таъсирида бурилиш натижасида

Б) Ток утиши натижасида

В) Магнит майдоннинг ошиши натижасида

Г) Атомларнинг ўзаро таъсирлашиши натижасида

66.Нейтрон активацион анализ усулининг физик мохияти нима ?

А) (n,n) реакцияси Б) (n,γ) реакцияси

В) (γ,γ) реакцияси Г) (p,p) реакцияси

67.Протонлар билан нурлантирилганда атомларда кандай узгариш юз беради?

А) Атомлар харакати сусаяди.

Б) Атомлар харакатдан тухтайди.

В) Атомлар уйгонган холатга утади.

Г) Атомларда хеч кандай узгариш булмайди.

68. Ядровий магнит резонанси хосил булиш шарти нима?

А) Ядроларнинг харакати тезлашиши.

Б) Парамагнит ядроларнинг энергияни танлаб ютиши.

В) Магнит майдони кучайиши.

Г) Магнит майдон сусайиши.

69. Радиочастотали майдон ташки майдонга кандай йуналади?

А) Тик йуналади. Б) Параллел

В) Бурчак остида Г) карама-карши.

70. Диполь магнит моменти кандай хосил булади?

А) Хусусий харакат микдори момент ива спиннинг ўзаро таъсири натижасида.

Б) Ядроларнинг тебраниши натижасида.

В) Ташки майдон энергияси ютилиши.

Г) Ташки майдон йуналиши узгариши.

71. Ядровий квадруполь резонанси кандай хосил булади?

А) Ядроларнинг ўзаро таъсири натижасида

Б) Ядролар билан бошка зарралар таъсири натижасида

В) Квант утишлар энергиясининг резонанс ютилиши.

Г) Электрик моментлар сусайиши натижасида.

72. Парамагнит моддалар кандай хусусиятга эга?

А) Магнит майдонни сусайтиради.

Б) Зарралари тез харакатланади.

В) Магнит майдонни кучайтиради.

Г) Магнит майдонига таъсир килмайди.

73. Электрон парамагнит резонанси ходисасининг физик маъноси нима?

А) Моддалар хусусияти узгариши.

Б) Парамагнит хоссалар намоён булиши.

В) Электромагнит энергиянинг ошиб кетиши.

Г) Парамагнит зарраларнинг электромагнит энергияни резонанс ютиши.

74. Зарядли зарраларнинг эффектив массасини тажрибавий аниклаш йулини курсатинг?

- А) Ядровий гамнит резонанси.
- Б) Ядровий квадруполь резонанси.
- В) Циклотрон резонанси.
- Г) Электрон парамагнит резонанси.

75. Металларда циклотрон резонанси нега металл сиртида хосил булади?

- А) Скин эффекти электромагнит тулкини металл ичига киришига халакит беради.
- Б) Сирт атомлари энергияси камаяди.
- В) Сирт атомлари харакати тухтайди.
- Г) Майдон энергияси сочилиши юз беради.

76. Икки контактли усул билан кандай параметрларни улчаш мумкин.

- А) R, σ Б) R, σ, ρ В) σ Г) R

77. Турт контактли улчаш усули кандай моддаларни урганишда фойдаланилади?

- А) Ярим утказгичлар
- Б) Утказгичлар
- В) Диэлектриклар
- Г) Суюк холдаги утказгич ва ярим утказгичлар.

78. Металларнинг электр каршилиги ташки температурага кандай боглик булади?

- А) Температурага тугри пропорционал.
- Б) Температурага тескари пропорционал
- В) Температурага боглик эмас
- Г) Температурага бошка параметрлар оркали богланган.

79. Термопара кандай ходисага асосан температурани аниклайди?

- А) Холл эффекти. Б) Зеебек эффекти.
- В) Пельтье эффекти. Г) Томсон эффекти.

80. Потенциометр нимани улчайди?

- А) каршиликни

Б) Электромагнит майдон энергиясини

В) Кичик кучланиш ва Э.Ю.К. ни

Г) Электр утказувчанликни.

81. Инфракизил нурлардан фойдаланиб кандай параметрларни аниклаш мумкин?

А) Нурланиш ютилиши, синиши, кайтиши ва чиқарилиши.

Б) Нурнинг сусайиши

В) Нурнинг кучайиши

Г) Нурнинг босим беришини.

82. Лоренц кучи кандай хосил булади?

А) Зарраларнинг ўзаро таъсирида.

Б) Атомлар билан электромагнит тулкилар таъсирида.

В) Зарядли зарралар ва магнит майдони ўзаро таъсири натижасида.

Г) Майдонлар сусайиши натижасида.

83. Масс-спектрометр иш принципини тушунтиринг?

А) Зарядли заррага майдон таъсирида массалар буйича ажралиши ходисаси.

Б) Зарраларни майдонда энергия ютиши.

В) Магнит майдон узгариши натижасида.

Г) Электр майдон узгариши натижасида.

84. Люминесценция ходисасини тушунтиринг?

А) Нурланиш ютилиши ходисаси.

Б) Нурланишнинг чиқарилиши ходисаси.

В) Атомларнинг кузга куринадиган нурни нурлантириши ходисаси.

Г) Атомларнинг харакати тезлашиши ходисаси .

85. Фотоэлектрик эффект нима?.

А) Атомларнинг энергияси ошиши

Б) Ёруглик таъсирида моддалардан эркин электронларнинг ажралиб чиқиши.

В) Эркин электронларнинг тезлашуви.

Г) Эркин электронларнинг атомлар томонидан ютилиши.

86. Электроннинг чиқиш иши нима?

А) Электроннинг кинетик энергияси.

Б) Атомнинг тебраниш частотаси.

В) Атомларнинг электрон билан таъсири.

Г) Электроннинг моддадан чиқиши учун сарфланган энергия.

87. Ядроларнинг ички структураси тузилишини айтинг?

А) Ядро протондан иборат.

Б) Ядро нейтрондан иборат.

В) Ядро протон ва нейтрондан иборат.

Г) Ядро зарралар йук.

88. Атомларнинг тебраниши қачон тухтайди?

А. Вакуумда

Б) Абсолют ноль температурада.

В) Катта босимда

Г) Нурланиш таъсирида.

89. Кристалл қаттиқ жисмлар деб нимага айтилади?

А. Панжаранинг яқин тартиби булган кристаллар

В. Атомлари даврий жойлашмаган кристаллар

Г. Атомлари тартибсиз жойлашган кристаллар

Д. Узок ва яқин тартиби мавжуд, атомлари даврий жойлашган кристаллар

90. Кристаллар симметрияси деб нимага айтилади?

А. Атомлари тартибсиз булган кристаллар

В. Панжараси бирлик векторга силжитилганда устма-уст тушмайдиган кристаллар

Г. Панжарани 360° бурганда атомлари усма-уст тушмайдиган кристаллар

Д. Панжараси буриш, силжитиш, акслантириш амаллари бажаралганда атомлари усма-уст тушадиган кристаллар

91. Кристалл сингониялари деб нимага айтилади?

- А. Трансляцион вектор узунлигига айтилади
- В. Трансляцион вектор узунлиги ва улар орасидаги бурчак кийматига караб, кристалларни гурухларга булинишига айтилади
- Г. Панжараларнинг ўзаро ухшашлигига айтилади
- Д. Атомларнинг панжарадаги жойлашишига айтилади

92. Браве панжаралари нечта элементар катаклардан иборат?

- А. 8 та
- В. 14 та
- Г. 20 та
- Д. 10 та

93. Миллер индекслари нимани белгилайди?

- А. Кристалл панжара сиртларини
- В. Кристалл панжара бурчак кийматани
- Г. Кристалл панжара хажмини
- Д. Кристалл панжарадаги атом зарядини

94. Экситонлар деб нимага айтилади?

- А. Вакуумларнинг группасига
- В. Электрон ва ковак жуфтлигига
- Г. Ядролар жуфтлигига
- Д. Электрон ва ядро жуфтлиги

95. Суюлиш нуктаси булмаган моддалар нима деб аталади?

- А. Кристалл
- В. Аморф
- Г. Суюк
- Д. Газ

96. Фотоэмиссия деб нимага айтилади?

- А. Ёруглик таъсирида металл сиртидан электронларнинг учиб чиқиши
- В. Ядроларнинг электронлар билан таъсири
- Г. Электронларнинг атомларида сочилиши
- Д. Атомларнинг кристалл панжара тугунларида силжиши

97. Кристалл учун Шредингер тенгламаси нимани аниқлайди?

- А. Атомлар сонини
- В. Кристаллдаги зарраларнинг энергия спектри ва координатасини
- Г. Вакуумларнинг зарядини
- Д. Ток ташувчилар сонини

98. Композицион материаллар деб нимага айтилади?

- А. Аморф моддалар
- В. Асосий модда ичида бошқа модда толалари таксимланган модда
- Г. Поликристалл моддалар
- Д. Монокристалл моддалар.

99. Сиртий диффузия деб нимага айтилади?

- А. Кристалл сиртининг деформацияланиши
- В. Бегона атомларнинг кристалл сиртига кириб бориши.

Г. Зарраларнинг сирт билан таъсирлашуви

Д. Атомларнинг тебранишининг кучайиши

100. Хусусий утказувчанлик деб нимага айтилади?

А. Бегона атоми йук тоза ярим утказгичнинг электр утказувчанлиги

В. Диэлектрикларнинг электр таъсирида утказувчанлиги

Г. Температура таъсирида утказувчанликнинг ошиши

Д. Нурланиш таъсирида утказувчанликнинг ошиши.

МУНДАРИЖА

Кириш.....

I. БОБ. Лазерлар физикасининг назарий асослари.....

1.1 Квант электроникаси фанининг ривожланиш тарихи ва бошқа
фанлар билан боғлиқлиги

1.2. Электромагнит тўлқинлари

1.3. Ёруғликнинг квант табиати.....

1.4. Нурланиш хусусиятлари ва турлари

1.5. Оптик квант генераторлари ҳақида умумий маълумот

II. БОБ. Лазернинг турлари

2.1. Қаттиқ жисмларнинг турлари

2.2. Кристалларнинг турлари

2.3. Кристал қаттиқ жисмларнинг тузилиши

2.4. Кристал қаттиқ жисмларда иссиқлик ҳодисаси

2.5. Идеал кристалл қаттиқ жисмларда электрон ҳосаларининг
энергиялари спектри

2.6. Қаттиқ жисмларнинг магнит ҳосалари.....

2.7. Ҳақиқий кристалл қаттиқ жисмлардаги нуқсонлар.....

2.8. Аморф қаттиқ жисмлар

2.9. Квант генераторлари

2.10. Қаттиқ жисмли лазерлар

III. БОБ. Ярим ўтказгичли лазерлар

3.1. Ярим ўтказгичлар физикаси.....

3.2. Ярим ўтказгичларда зоналар назарияси.....

3.3. Ярим ўтказгичларда атомларнинг тебранишлари.....

3.4. Ярим ўтказгичларда киришмалар.....

3.5. Ярим ўтказгичларда термоэлектрик
ходисалар.....

3.6. Ярим ўтказгичларда кинетик ходисалар.....

3.7. Кучли электр майдонларидаги ярим ўтказгичларда кинетик
ходисалар.....

3.8. Ярим ўтказгичларда нуқсонлар

3.9. Ярим ўтказгичларнинг магнит ҳосалари

3.10. Ярим ўтказгичларнинг оптикавий ҳосалари

3.11. Ярим ўтказгичли лазерлар

3.12. Газли лазерлар

3.13. Суюқликли лазерлар

I.V. БОБ. Лазерларнинг Қўлланилиши

4.1. Лазер нурланишининг сувда ва атмосферада тарқалиши

4.2. Металларни қайта ишлашда лазер нурланишидан фойдаланиш

4.3. Лазер нурининг материаллар хоссаларига таъсири

4.4. Лазер нурланишининг металлар ўтказувчанлигига таъсири

4.5. Лазер нурланишининг қишлоқ хўжалигида қўлланилиши

4.6. Лазерларнинг алоқада қўлланиши

Лазерлар физикасидан тест саволлари.....

Адабиётлар

1. Дукин В.И., Пахомов Л.Н., “Квантовая электроника”, Москва, Наука, 2006 .
2. Тешабоев А., Зайнобиддинов С., Эрматов Ш. “Қаттиқ жисм физикаси”, Тошкент. 2001.
3. Звельсто О. “Принципы лазеров”, Москва, Наук, 2000.
4. Зайнобиддинов С., Тешабоев А., “Ярим ўтказгичлар физикаси”, Тошкент, 1999.
5. Грибковский В.П. “Полупроводниковые лазеры”, Москва, Наука, 2007.
6. Гранкин В.Я. “Лазерное излучение”, Москва, Военное издательство, 1997.
7. Косырев Е.А. “Шаги квантовой электроники”, Москва, Воениздат, 1970

Фойдаланиган интернет сайтлари:

W.W.W.mno.ru

W.W.W. mikrobot.ru

W.W.W.cbio.ru

W.W.W. mno.ru/books/laz.Php

W.W.W.prognosis.ozg.ua.

