

ЎзССР ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ МИНИСТРЛИГИ
ХАЛҚЛАР ДУСТЛИГИ ОРДЕНЛИ БЕРУНИЙ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

К. С. ЗАҲИДОВ

ГЕОМЕТРИК КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

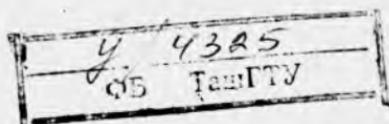
ЎзССР олий ва ўрта махсус
таълим министрлиги томонидан
ўқув қўлланмаси сифатида
рухсат этилган

ЎзССР Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
Халқлар дўстлиги ордени берилди
номидаги Тошкент политехника институти

И.С.ЗОХИЛОВ

ГЕОМЕТРИК КРИСТАЛЛОГРАФИИ

ЎзССР Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
томонидан ўқув қўлланмаси сифатида
тасдиқ этилган



Т О Ш К Е Н Т - 1987

ЗОХИДОВ КОМИ САФАВИЧ

Маъсул мухаррир: профессор геология-минералогия
фанлари доктори М.Р.ХОДЖАЕВ И.М.

Рецензентлар:

НИЗКЕЕВ М.Р. — Ленин номидаги Тошкент давлат
университети минералогия ва геохимия кафедрасининг
мудир, геология-минералогия фанлари кандидати.

ИСОМАИЛОВ М.И. — Х.М.Абдуллаев номидаги геология
ва геофизика институти минералогия лабораториясининг
мудир, геология-минералогия фанлари кандидати.

К.С.ЗАХИДОВ

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Утверждено министерством Высшего и среднего
специального образования УэССР в качестве
учебного пособия

А Н Н О Т А Ц И Я

Ушбу китоб институт ва университетларнинг геология факультетларида "Фойдали қазилма конлар геологияси ва разведкаси", "Гидрогеология ва инженерлик геологияси" ва "Нефть-газ конларининг геологияси ва разведкаси" мутахассисликлари бўйича таълим олаётган студентлар учун қўлланма сифатида ёзилди. Шу билан бир қаторда бу қўлланмадан кристаллография ва минералогия курсини тингловчи ошқар соҳа / химия-технология факультетларининг неорганик моддалар технологияси, керамика ва ўтга чидамли маҳсулотлар технологияси, кок-металлургия факультетларининг баъзи мутахассисликлари / студентлари ҳам кечки ва сиртки бўлимда ўқиб-танларнинг ҳам фойдаланиши мумкин.

Маълумки, ҳозирги давр кристаллография ва кристаллохимия фани уч қисмдан иборат. Шунга қўра, ушбу китобнинг биринчи қисми кристаллография ва кристаллохимия фани кристаллар ҳақидаги умумий тушунчаларни, чекланган геометрик шакллар ва улар симметриясини, иккинчи қисми чексиз геометрик шакллар симметрияси билан кристалларнинг физик хусусиятларини ўз ичига олади.

Китобни тузишда шу мутахассисликлар учун СССР Олий ва ўрта маҳсус таълим вазирлиги томонидан тасдиқ этилган программа асос қилиб олинди. Шу вазирлик томонидан тасдиқ этилган ўқув планига мувофиқ кристаллография ва кристаллохимия курси олий мактабларнинг биринчи ва иккинчи курсларида ўқилади. Шунинг ҳисобига олинб китобнинг соддароқ тилда ёзилмига алоҳида эътибор берилди.

Узоқ ўтмишдан бошлаб – тош асри, бронза асри ва кейинги даврларда ҳам кишилар ўз ҳаётий ихтиёжларини қондириш учун, авваллари ўз ҳаётларини душмандан ҳимоя қилиш учун ва кейинчалик бойлик, зебу-зийнат орттириш учун табиий бойликларни қидира бошлаган эдилар. Ўз ихтиёжлари учун зарур бўлган тоғ жинс бўлақларини ва улар таркибдаги минералларни бир-биридан ажратишни-мақсадга мувофиқ келадиган сифатлиларини аниқлаб, уларни топишга интиладилар. Шундай қилиб, аввало қурол ўрнида ишлатиш учун яроқли тош парчалари – минераллар билан қизиққан бўлсалар, кейинчалик баъзи бир темир, мис каби металлларни ажратиб олиш мумкин бўлган рудаларни, ранг-жилваси билан қўзни қамаштирадиган қimmatбоҳо тошларни қидира бошладилар. Кейинчалик шохона саройларни ва диний маҳкамаларни қуриш ва безаш учун яна пишиқроқ, қурилиш материаллари, безак тошлари зарур бўлиб қолди. Буларнинг ҳаммасини ер юзидан қидирадилар ва топадилар. Бироқ ўша даврда шу соҳада маълум даражада билим бера оладиган, шу табиий бойликларнинг хусусиятини ўрганиб, гаердан ва қандай топиш кераклигини кўрсатиб берадиган, улар ер юзига қаердан келиб қолганлигини тушунтира оладиган онг ўша замон кишиларида йўқ эди. Сўнгги тарихий даврларда кишилар жамияти тараққиёти бир мунча юқори босқичга кўтарилган бўлса ҳам турли диний обиделар-тушинчалар табиий фанларни язага келишига йўл қўймас эди.

– Табиий бойликларни-зарур минерал конларни қидириб топиш-аввало ўша минералларни бир-биридан ажратишни, уларнинг ташии қиёфасини ва физик хусусиятларини билиб олишни талаб қилади. Шунинг учун кишилар ўша узоқ ўтмишдан бошлаб минералларнинг шу хусусиятлари билан қизиқадилар.

Ўмумий геология курсидан ўқиб, билиб олганларимиз, Ер қобиғини ташкил этувчи тоғ жинслари бир ёки бир неча минерал турларининг йиғиндисидан иборат. Бошқача қилиб айтганда минерал табиий ўл билан ҳосил қилинган химиявий бирикма ёки химиявий элемент бўлиб, Ер қобиғини ташкил этувчи тоғ жинсларининг таркибий қисمидир. Шу тоғ жинслари таркибдаги ўша минералларнинг деярли ҳаммаси кристалллардир.

Шунинг учун, геолог-инженерлар, геофизиклар, гидрогеологлар ер юзи геологиясини ўрганадиларми ёки қазилма конларини қидирадиларми, разведка қилдиларми, нефть-газ конларини қидирадиларми, ёки шу конлардан фойдали қазилмаларни қашлаб чиқарадиларми, ер ости сувларини ўрганадиларми, барибир шу минераллар-кристаллар билан иш қиладилар. Ҳаттоки табиий минераллардан хом-ашё сифатида фойдаланадиган химик технологлар ҳам ўзларининг қундалик иш фаолиятларида шу минерал-кристаллардан фойдаланадилар.

— Минералларнинг ўзи, кристаллардан иборат экан, минералларни ўрганишни кристаллардан бошлаш керак. Чунки уларнинг шакли, ташқи кўриниши, физик ва химийвий хусусиятлари уларнинг кристалл тузилиши билан боғлиқ бўлиб, кристаллография қонуналарга бўйсинади. Шундай экан, минералогияни ўрганувчи ҳар бир киши аввало кристаллография фанини билиб олиши лозим. Шундагина у минералогия фани билан шугуллангани ва уни ўрганиб олиши мумкин. Ўз ҳам ушбу китобни кристаллографиядан бошлашимиз керак, бунинг учун аввало кристаллография фанининг ривожланиш тарихи билан танишиб, кристаллнинг ўзи нима эканлигини билиб олоғимиз, ундан кейин кристалларга хос бўлган қонуналарни ўрганишга киришмоғимиз лозим.

1. Кристаллография фани ва унинг вазифалари

Кристаллография фани кристаллар ҳақидаги фан бўлиб, у энг аввал минералогия фанининг тарихий бошланғич қисми сифатида эзатга келади. У фан қаторида маъдонга элқасадан олдин инсоният табиий соғинилардан фойдаланишни орзу қилар ва орзуга эришиш мақсадида минерал фойдали қазилмаларни қидиради ёки бошқа мақсадлар билан ўлка бўйлаб сайр этар экан, табиий, текис ёнлар билан чекланган ҳам шаффоқлиги, тиниқ ранги билан диққатга сазовор бўладиган кристалл қисмларни топади. Бу албатта кишиларни қизиқтиради ва уларнинг нима эканлиги, қандай қилиб ва қердан келиб чиққанлиги ҳақида ўйлаб кўришга мажбур этади. Авваллари бу саволга илмий асосда жавоб топиш мумкин бўлмаган ва кейинчалик эса бунга диний ақидалар йўл кўймаган эди. Шунга кўра уларга, "Йобилар мўъжизаси", илоҳийнинг қудратлари билан бунёд этилган деган маънода "қудрат — тош" деб ном берилган. Тарихий узок даврлар давомида бундай тушунтиришлар кишиларни қаноатлантира олмаган, албатта. Иккинчи

томондан шу тоштан табиий кристалларнинг сони ҳам орта борди.

Кристаллар ҳақидаги фанининг сомонанча мақради мана шу тошланган табиий кристалларнинг минералларнинг геометрик шакллари, физик хусусиятларини ўрганишдан бошланади. Кейинчалик химиявий тушулмалар майдонга кела бошлаш билан уларнинг химиявий таркиби ҳам кишилар эътиборини жалб этади. Кристаллографиянинг фан қаторида, минералогиянинг кирак вақти сифатида майдонга келган пайтдаги вазифалари асосан мана шулардан иборат эди.

— Ўз яшаётган ҳозирги планеталар аро кoinот бўлишида учиб сомонанган даврда техниканинг буюк тараққиёти, каттиқ жисмлар физикаси, ядро физикаси, химия, физик-химия, радиотехника, электроника, металлургия, автоматика, телемеханика ва бошқа техника фанлари соҳасида эришилган ютуқлар табиий ва сунъий кристалларни тадбиқ этишга асослаётган бўлиб, кристаллография фани олдига янги янги вазифалар қўяди. Нисбатан шу фанлар соҳасида эришилган ютуқ билан кристаллография фанининг ўзи ҳам бойиб боради.

— Кристалл-геологлар учун геологик жисм / минерал, тош минси/, кимёгарлар учун химиявий модда, физиклар учун физик жисм, математиклар учун геометрик шаклдир. Бу жиҳатдан қараганда кристалларнинг ўрғаниш масаласини химия, физика, математика фан аридан ва шу фанлар асосида иш олиб борадиган бошқа техника фанларидан, шунингдек геология фанидан ҳам ажратиб бўлмайди.

— Кристаллар геометрик шакл бўлганлиги учун уларнинг шаклини ва симметрик тузилишини ўрғаниш геометрияга, яъни математика фанига тааллуқли масаладир. Ҳақиқатда ҳам кристалларнинг мавжуд симметрия кўринишлари, математик йўл билан олдиндан ҳисоблаб чиқилган ва улар кейинчалик табиий шунингдек, сунъий кристалларда исбот қилинган эди. Шунинг учун фанининг биринчи бўлими геометрик кристаллография деб аталади.

Маълумки физика умуман моддаларнинг физик хусусиятларини текшириш билан, улардаги мавжуд қонунчаларни аниқлаш билан шуғулланади. Бу жиҳатдан қараганда кристалларни-қаттиқ жисмларни текшириш-ўрғаниш билан физика ҳам шуғулланади. Масалан: биринчи Рентген нури кашф этилган пайтда, шу нурни текшириш учун яроқли биронта манба топилмаган эди. Кейинчалик бу нурлар кристалл панжаралари ёрдамида текшириб қўрилди ва шу пайтгача тахмин қилиб келинган кристалларнинг ички қонуний тузилиши билан бир қаторда рентген

пурининг ўзи кўра тўқинли эканлиги исбот этилди. Кристаллар —нинг пурни ихкилантириб синдириши, синдириши кўрсаткичи, каттиқлиги, электр ўтказувчанлиги, магнитга тортилиши каби жуда кўп бешга хусусиятларини текшириш ҳам физика фанига ҳосидир. Кристаллографиянинг шу масалалар билан боғлиқ бўлган бўлими — физик кристаллография деб айтилади.

Ниҳоят, кристалл химиявий моддadir. Кристалларнинг химиявий таркибини ўрганиш, ҳосил бўлиши, ўсиши, эриши, кристалларнинг геометрик шакли билан химиявий таркиби орасидаги узвий боғланиш, сунъий кристалларни олиш каби бир қатор масалалар химия, физик — химия фанларига мансуб масалалардир. Кристаллографиянинг бу бўлими кристаллохимия ёки химиявий кристаллография деб аталади.

"Маълумки, кристаллография, — деб ёзган эди машҳур кристаллограф олими Н. В. Белов, — физика—химия—минералогия ташкил этган учбурчакнинг марказидан жой олади. Инди дэврларгача тарихий сабабларга кўра у ҳаммадан кўра минералогияга яқинроқ турар эди. Сўнгги йиллар давомида эса физика билан яқинлаша борди ... Лекин, шунини эътироз этиш керакки, кристаллография муставкал фан тарикасида ривожланиб физика ва химия билан қанчалик яқинлаша минералогия — фани ҳам физика ва химия фанлари эришадиган ютуқлардан шунчалик кўпроқ, манфаатдор бўлиб қолади. Айниқса, кристаллохимиявий, рентген структур анализ асосида бу фанлар орасидаги ўша яқинлик — боғланиш янада ривожланиб боради".

— Булардан ташқари металлар қотишмаси ҳам кристаллардир. Буларнинг ҳамма хусусиятлари кристалл ҳазовий панжара тузилиши билан боғлиқ бўлиб, кристаллография қонуниятларига бўйсинади. Демак, металлшунослар ҳам ўз амалий ишларида кристаллография фани эришган ютуқлардан фойдаланадилар. Шунингдек, кристаллар техниканинг турли соҳаларида—радиотехникада, электрон ҳисоблаш машиналарида ва бешга соҳаларда кенг миқёсда қўлланар экан шу масалалар билан машғул бўлган жуда кўп техника фанлари ҳам кристаллография фани эришган ютуқлардан манфаатдорлар. Шунинг учун ҳам кристаллография фани сўнгги йиллар давомида тарихда мисли кўрилмаган катта қадэмлар билан ривожланмоқда. Ҳозирги пайтда кристаллография фанини ўрганиш фақат геологлар—кон қидирувчилар ва кончилар учун эмас, балки кимёгарлар, физиклар, металлшунослар учун ҳам зарур бўлиб қолди.

2. Кристалл ҳақида умумий тушуночалар

Кристалл нима? Маълумки, табиий ёки сунъий йўл билан олинган химиявий бирикма ва химиявий элементларнинг ҳаммаси кристалланган / кристалл-қандайдиган грек тилида муз демакдир/ ёки аморф/ аморф-шаклсиз демакдир/ моддалар бўлади.

Ер шарининг устки қисми - тоғ жинсларини ташкил этувчи минералларнинг деярли ҳаммаси, жумладан шу тоғ жинслар орасида қўндириб-тошиб, қавлаб чиқариладиган рудалар /кўмир ва нефтьдан бошқа/ олтин, қумуш, олмаз ва бошқа қimmatбахо тошлар, ҳар хил тузлар; баъзи бир завод, фабрикалар ишлаётган хом ашё, улар ишлаб чиқараётган маҳсулотлар-металл қотишмалари ва улардан тайёрланган асбоб ускуналарнинг ҳаммаси, хаттоки озик-овқат маҳсулотлари - ош тузи, қанд-шakar билан худоб кўп медицинада ишатиладиган дори-дармонлар ҳам, ва қишлоқ хўжалигида қўлланиладиган минерал ўғит ва химия моддалар ҳам... кристаллардир. Лекин, ташқи кўрғасига қараб кристалл деб аташ мумкин бўлган, аниқ геометрик шакли-текис, сирқ ёнлари кўрinish турадиган кристаллар табиатда ҳам, саноатта э ишлаб чиқараётган маҳсулотлар орасида ҳам кам топилади. Ишарни ҳаммасини кристалл деб айтиш учун уларнинг геометрик шаклдан ташқари, яна қандайдир бошқа белгилари-асос бўлиши керак.

Кристаллар кўнидаги белгилари билан аморф моддалардан фарқ қилади.

1. Кристалл ўз ҳолича, кишиларнинг иштирокисиз, тўғри қирралар ҳосил қилувчи текис-сирқ ёнлари билан чекланган каттик жисм-химиявий бирикма ёки элементдир.

Кристалл парчаси, шу кристалл таркибидagi модда эритмасида ўзининг маълум қўниятларга асосланган, шу модда учун ҳос кристалл шаклини олишга интилади ва у зарур физик-химиявий муҳит маъжуд бўлганда ўша кристалл кўрғасига киради.

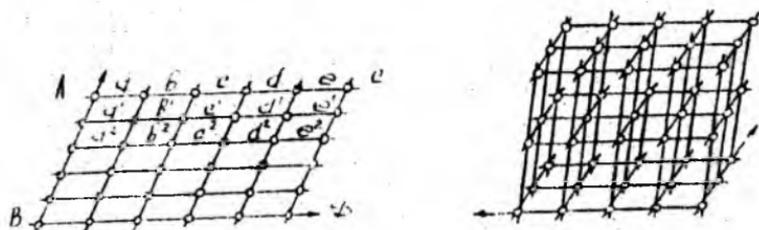
2. Химиявий таркиби ва солиштирма оғирлиги каби хусусиятлари кристаллнинг ҳамма қисмида ҳам бир хил бўлади, яъни бир жинслидир.

3. Кристаллнинг синдириш кўрсаткичи, каттиклиги каби қатор физик хусусиятлари муайян йўналишлар бўйича бир хил қimmatга эга бўлади. Яъни кристалл анизотроп физик жисмдир.

4. Кристалланган моддалар муайян эриш температурасига эга. Масалан, муз 0° да эриydi ва х.к.

5. Кристалл ички қонуний тузилишига эга бўлиб, бу қонуният кристалл ҳосил қилувчи химиявий бирикма таркибига кирадиган молекула, атом ионларнинг бошқача қилиб айтганда, шу кристалл структурасини ташкил этувчи моддий нукталарнинг даврий, маълум тартиб билан жойлашишида уз аксини топади. Бундай қонуний ички тузилишни "Фазовий панжаралар" шаклида тасаввур этадилз ва тушунтира оламиз, Кристаллларнинг юқорида келтирилган хусусиятлари улардаги мана шу ички қонуний тузилишининг кўзга кўринадиган оқибатларидир.

Аморф моддалар ички қонуний тузилишига эга бўлмайди ва юқорида санаб утилган хусусиятлар уларда мутлақо кўринмайди. Масалан, шиша аморф моддadir. 1-расми кристаллнинг фазовий панжараси

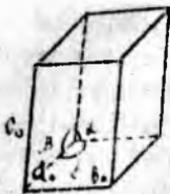


1 - расм.

Фазовий панжара, а, в, с, ... - фазовий панжаранинг тугунчалари; АВ-қатори; ABCD- текис тўри

кўрсатилган. Фазовий панжара ионлар ёки умуман шу фазовий панжарани ташкил этувчи бирикма - моддий нукталарнинг жойлашган ўрни фазовий панжара тугунчаларидир /а, в, с... нукталар/. Бу тугунчаларини бирлаштирувчи тўғри чизик-фазовий панжаранинг қатори ва бир текисликда ётган узаро қосишувчи қаторлардан иборат тўр /каттак/ фазовий панжаранинг текис тўри деб айтилади. Учларида жойлашган фазовий панжара тугунчалари билан ташкил этилган параллеллопипед- фазовий панжаранинг кичик бўлаги - фазовий панжаранинг элементлар ичқайси деб айтилади.

Демак, фазовий панжара деб, -кристаллнинг тасаввур этилган ички қонуний тузилиши тасвирланган фазовий шаклга айтилади. Ҳар қайси кристалл узини ташкил этувчи моддий нукталарнинг шу кристаллга ҳос жойлашиш тартиби, яъни фазовий панжара элементар



2-расм.

Элементар ячеёка

а, в, с-қирралары;

а, в, с-қирралары

орасыдағы бурчақлар.

ячейкасының-кристалл структурасында чексиз тәкрәсләнүчли параллелоипедның шакли, кәтә-кичиклиги билән хәрактәрләнәди. Хәр қайсы модда кристаллыта хәс равншә элементар ячейкалар сир-биридән қирраларының /а, в, с/ узунлиги билән ва шу қирралар орасыдағы бурчағы - α, β, γ гиммети билән сир-биридән фарк қилади.

3. Кристалларның вужудга келиши ва үсиши. Кристалларның вужудга келиши ва үсиши масалалари жуда кәтә илмий-назарий, шунинг-масалалари жуда кәтә илмий-назарий, шунинг-борилған илмий тадқиқот ишлари кейинги паит-

ларда фән ва техниканың кәскин тәрәққийәти билән бәғлиқ равншә хәлқ хужалиги - сәнәат талабыга мувофиқ кәнг миқёсда ривожланмоқ-да. Бу талаб, биринчи навбәтда, белгилаб қўйылған муайян хәссаларга эгә бўлған кристалларни, жўлладән, турли кәттиқ қотишмаларни, ярим ўтказгичларни, яғри сирәтли пьезоэлектрик ва оптик хусусиятларга эгә бўлған кристалларни суний йўл билән тайёрлашдан иборат. Бундан ташқари, жуда кўп металллар ва металл қотишмаларның сифати уларның кристалланиш шәхити-шароити, қотишмада китирок этувчи атомларның фазовий пәнжарада тутған ўрни билән бәғлиқ. Шунинг учун ҳам бу масала металлургиялар билән металлшунослар эйтиборини ўзига тортади. Шунингдек кристаллогенезис соҳаси бўйича иш олиб бораётған геологлар билән минералоглар ҳам кристалларни вужудга келиши ва үсишини ўрганадилар, ҳам шу соҳада илмий-тадқиқот ишлари олиб борадилар. Нәтижада, пайдо бўлаётғанни хәч қил кўрмаган ва кўриши мумкин бўлмаган тоғ динслари билән минералларни хәвпл қилиб, уларның вужудга келиши учун қандай шәхит-шароит ва қайон моддалар иштирок этиши зарурлигини аниқлаб оладилар.

Кристаллар табиятда содир бўладиган ёки лабораторияларда хәс қилинадиган фәза алмашинишлари нәтижесидә юзәге келади.

Кристаллар эритмадан чўкиш йўли билән /масалан, хәр қил тузлар/, эритган модданың қотиши /масалан, металл ва металл қотишмалари/, ва буг ҳолатидағы моддаларни тўғридан-тўғри қотиши йўли билән /масалан, йод, қор ва бошқалар/ хәсил бўлади. Бундан ташқари баъзи аморф кәттиқ моддалар ҳам вақт ўтиши билән ёки

баъзан температура ва босим таъсирида ҳам кристалланган моддага айланиши мумкин.

Кристалларни эритмадан чуқиши учун ду муҳитда, муайян температура ва босимда ўша эритма ўта тўйинган бўлиши керак. Маълумки, 100 ҳамм бирлигидаги суюқликни /эритувчини/ тўйинтириш учун, эритилиши керак бўлган модда миқдори ўша модданинг эрувчанлиги, деб айтилади ва бу миқдор, асосан температурага /босим деярли таъсир кўрсатмайди/ боғлиқ равишда ўзгаради, кўпинча температура кўтарилиши билан ортиб боради, баъзан камайиб боради. Баъзи моддаларнинг эрувчанлигини I-жадвалдан кўриш мумкин.

Ўта тўйинган эритмаларни, тўйинган эритмани совутиш, яъни температурани пасайтириш, тўйинган эритмани бугдантириш ва химиявий реакциялар йўли билан ҳосил қилиш мумкин.

Тўйинган эритмани бирмунча юқори температурада тайёрлаб кейин совитилар экан, у ҳолда эритма ўта тўйинган бўлиб қолади.

I-жадвал

Тузаларнинг эрувчанлиги
/100 см³ сувда, грамм ҳисобига берилган/

Температура С	:	:	:	:	:	:
тузаларнинг номи	:	6°	:	10°	:	20°
	:	:	:	:	:	30°
	:	:	:	:	:	40°
Алёминий-калийли аччиқ-тошлар	:	3,20	:	9,52	:	15,13
	:		:		:	22,01
	:		:		:	30,92
Нис купороси /тўғиё/	:	31,61	:	36,95	:	42,31
	:		:		:	48,31
	:		:		:	56,90
Магний сульфат	:	76,9	:	96,5	:	119,5
	:		:		:	146,3
	:		:		:	179,5
Натрийли селитра	:	73,0	:	80,6	:	83,5
	:		:		:	96,6
	:		:		:	104,9

Масалан, аччиқ тош 40° гача иситилган 100 см³ сувда 20,92 г миқдорда эриydi, эритманинг температураси 20° гача совитилар экан, ўта тўйинган эритмага айланади. Чуқи бу температурада аччиқ тошнинг 15,13 г миқдориде эриши мумкин эди. Демак, температураси пасайтирилган эритмада 15,13 г, ортиқча эриган модда бор. Бу ортиқча

эриган модда маълум пайтгача эритмадан чўзилган ҳолда сарланиши, кейинчалик вақт ўтиши билан кристалл "куртакчалар" ҳосил қилиб, бирмунча йириклашгандан сўнг чўкиши мумкин.

Тайёрланган тўйинган эритма ўша температурада вақт ўтиши билан эритувчининг буғланиши натижасида ўта тўйинган эритмага айланади. Бунда эритувчининг ўзи буғланиб камаяди, эриган модда эса буғланмайди ва деярли камаймайди.

Тўйинган эритмадаги яхши эрувчан моддалар орасидаги бораётган химиявий реакциялар натижасида қийин эрувчи модда ҳосил бўлар экан, бу эритма шу қийин эрувчи модда учун ўта тўйинган эритма бўлиб қолади. Масалан K_2SO_4 билан $BaCl_2$ каби яхши эрувчан тузлар эритмаси бир-бирига қўшилар экан $2KCl$ билан $BaSO_4$ ҳосил бўлади. $BaSO_4$ қийин эрувчан туз бўлганлиги учун у эритмадан кристаллар ҳолида чўкади.

Тўйинмаган эритмалардан кристалл ҳосил бўлмайди, аксинча шундай эритмага тушурилган кристаллнинг ўзи эриб кетади.

Тўйинган эритмада кристалл ҳосил бўлиб чўкмайди ҳам, эримайди ҳам.

Табиатда ҳам, саноатда ҳам ўта тўйинган эритмалардан жуда кўп кристалланган моддалар ҳосил бўлади. Масалан, ош тузи қатламлари, калий тузи, глаубер тузи ва бошқалар табиий шўр суви кўлларида чўкади.

Қолдиқ магма билан боғлиқ гидротермаль процесда яғри босими ва яғри температурали шароитларда тоғ хрустали, флюорит, исланд шати кристаллари пайдо бўлади. Шунингдек, завод-фабрикаларда эритмадан чўктириб олинган кристалл моддалар ҳам жуда кўп.

Қизиб эриб турган моддалар ҳам температуранинг пасайиши билан боғлиқ, уларнинг совishi натижасида кристалланган моддаларга айланади. Бирок, бундай йўл билан юзага келган кристалларни, уларни қанчалик табиатда кўп тарқалган бўлмасин, ташқи кўринишига қараб кристаллларга ҳос белгиларини кўриб бўлмайди. Булар жуда майда, ҳаттоки оддий кўз билан кўриб бўлмайдиган нотўғри шакли кристалл доналаридан иборат жисм ҳосил қилади. Қундалик ҳаётимизда техникада кенг қўлланилаётган металллар билан металл қотишмалари ва магманинг ўзидан пайдо бўлган магматик жинслар шундай қизиб-эриб турган моддаларнинг совishi натижасида юзага келган кристалл жинслар қаторига киради. Жуда кўп металл ва металл қотишмаларнинг физик хусусиятлари, жумладан пишкклиги ҳам, бир томондан струк -

турасида штирок эъаттган атомлар ҳоссалари билан, иккинчи томон дан эриб турган модда температурасининг қандай тартиб билан на - сайишига боғлиқ.

Газ-буғ ҳолатидаги моддаларнинг сузқликка айланмодан тўғри дан тўғри қаттиқ ҳолатга ўтиши жараёнида яъна келадиган кристал моддалар табиатда унчалик кўп эмас. Булкан моддалари билан бирга чиқадиган газ ва буғлардан нашатир / H_4Si_2 /, ош тузи / NaCl /, йод / I /, олтингурт / S / ва темир хлориди / FeCl_2 / каби модда кристалчалари ҳосил бўлади. Қор ҳам худди шундай табиий йўл билан сув буғларидан ҳосил бўлган кристалл ске летидир. Баъзибир завод маҳсулотлари ҳам газ-буғлардан бунёд эти ган кристаллардир. Масалан, кристалл ҳолатидаги мағний, қорборун ва ҳ.к.

Булардан ташқари қаттиқ ҳолатдаги аморф моддаларнинг ҳам кристалл тузилишига эга бўлган ҳолатга ўтиши мумкин. Чўқинди оҳа тош қатлавлари маълум шароитларда вақт ўтиши билан мәрмартошга, кремнезем / кремний оксиди - SiO_2 / эса кварцга айланади ва ҳ.к.

Шунингдек, жуда майда кристаллардан иборат бўлган қисмларни ташқил этувчи ўша кристалл заррачалари температура, босим ва бош қа факторлар таъсирида йирикланиши мумкин. Гундай кристалларнинг катталаниши - кичикларини бўлиб кетиши, ҳақи бирлигига тўғри кел диган кристалчалар сонининг камайиши билан боғлиқ, равишда ўз бери ди. Баъзан металл буюмларнинг ва Сэви машина қисмларини кўп иш латилиши натижасида шишиқлигининг йўқолиши ёки камайиб қолиши, ўзини "қариб қолиши" шу билан тушунтирилади. Бундай ҳодиса табиат да ҳам учраб туради. Майда донадор оҳақтош-йирик донадор мәрмар тошга айланади.

4. Кристалларнинг вужудга келиши сабаблари ва ўсишига оид назариялар

Маълумки молекулалар сузқ ҳолатда доимо ҳаракатда бўлади. У газ ҳолатига ўтар экан, бу ҳаракат янада тезлашади. Аморф қаттиқ моддаларда айрим молекулаларнинг ҳаракати секин ва маълум қайин - илик билан, ўша молекулалар ўз қонуний ўрнини ишғол этмагунча,

давом этади. Кристалл моддаларда эса молекулалар ҳаракатда бўлиб бир жойдан бошқа жойга силжймайди. Балки, кристалл моддаларнинг, атом молекулалари фақат ўз ўрнида теbranма ҳаракатда бўлади. Бундан ташқари, қандайдир кристалл жисмга иссиқлик энергияси таъсир этар экан, яъни, қиздирилар экан, у маълум температурада эриб бошлайди. Шу модда температураси у қанчалик кўп қиздирилмасин, тамом эриб бўлмагунча юқори кўтарилмайди яъни кристалл модда бутунлай эриб кетгандан кейингина температураси кўтарилши мумкин. Масалан, муз кристаллига берилган иссиқлик шу кристаллнинг эриши учун сарф бўлади ва муз сўтунлай эриб сувга айланмагунча температура кўтарилмайди. Бу мисолдан маълум бўладики, кристалл ҳолатидаги модда, бошқа ҳолатдагисига қараганда, энг кичик /минимум/ ички энергияга эга. Демак, ҳар қандай ҳолатдаги модда кристалл ҳолатига ўтишга интилади ва оунинг учун зарур шарт-шароит яратилши билан, муҳитнинг ўзгариши сабабли кристаллдан моддага айланади.

Мана шу кристалл қандай қилиб, нимадан боғланиб вужудга элади ва ўсади деган масала, ҳам назарий, ҳам амалий жиҳатдан да кўп олимлар эътиборини халқаро миқёсда ўзига тортиб келади. Лекин, бу масалани ҳали ҳам ниҳоятсига етказиб, ҳал этилмаган теориялари бор.

Температуранинг пасайиши билан эриган модда заррчалари /молекула, атом ёки ионлар/ ҳаракати сустлаша боради, маъний ва мушбат зарядли заррчалар ораидаги тортиш кучига ассан аввало бир ўлчамли кейинчалик икки ўлчамли кристаллчалар юзага келади. Бу кристалл заррчалари - кристалланиш марказлари ўсиб етиладиган бўлажак кристалллар учун "куртаклик" вазифасини ўтайди. Мана шундай кристалланиш марказлари ўта тўйинган эритмалардагина барқарор бўлиб қолади. Тўйинган ёки тўйинмаган эритмаларда бундай "куртакчалар" бунёдга келса ҳам улар жуда тез эриб кетади. Мавжуд назарийларга кўра герметик равишда беркитилган идишларда ўта тўйинган, ўта совиган эритмалар кристалланмасдан жуда узоқ вақт, кристалланиш марказлари четдан келиб тушмагунча сақланади деб ҳисобланади. Бирок, амалда бундай эритмалардан, барибир, ўз-ўзидан кристалллар чиқарилади.

Кристалл марказининг ўсиш - ривожланиш жараёни ҳам олимларнинг кўп жиҳатдан қизиқтириб келди. Кристалл эритмада ўсар экан,

мансий ва мусбат зарядланган ионлар бирин-кетин, ўзаро тортиш кронунига кўра, ўша кристалланиш маркази билан тортилади ва маълум тартиб бўйича кристалл устида жойлашади. Кристаллларнинг кейинги ўсиши жараёни шундай тасаввур этилади.

Кристалллар ўсиши жараёнини бошқароқ тушунтириш ҳам мумкин. Эритмада бўлган ионлар ўзаро бирлашиб бир ёки икки ўлчамли бир-мунча йирик birlikлар "кристалчалар" - "протокристаллар" ҳосил қилади. Шу билан бирга ионлардан иборат йирик birlikлар - кристалланиш марказлари атрофида маълум тартиб билан тўпланиб йирик кристалл ҳосил қилади.

Кристалланиш марказининг ўзи эса, шу модда кристаллнинг майда заррачаси, ёки шу модда билан изоморф бўлган бошқа модда заррачаси бўлиши мумкин. Бу моддалар эритмага ёки эриб турган қотишмага ҳаводан чап-гард сифатида тушган, ёки кристалланиши тезлаштириш марказида атайин солинган бўлиши мумкин.

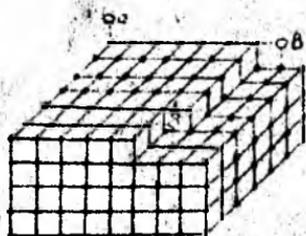
Бундан ташқари, эритmani тез-тез аралаштирилиши, эритма солинган идиини тебратилиши, урилиши ҳам кристалл марказлари чуқилини тезлаштиради, бунда эриган модда ёки эритмадаги заррачаларнинг ҳаракати тезлашиб улар бир-бирига нисбатан тезроқ йўналиш олиб йўнланилади ва структурада барқарор боғланган ҳолатда жой олади.

Демак, кристалл ҳолатидаги модда заррачалари / ионлар, атом, молекуласи / бошқа суяқ, газ буғ ҳолатидаги заррачаларга қараганда ҳаракатсиз ҳолатда бўлади. Кристалланган модда жуда кичик /минимал/ ички энергияга эга бўлган мувозанатдаги ҳолатга ўтишга интилаётган заррачаларнинг шу муҳитдаги барқарор тутган ўрни - мавқеидир. Кристаллнинг ҳосил бўлиши қандайдир куч-энергия билан боғлиқ экан, унинг сўнгги ўсиши ҳам муайян куч-энергия таъсири билан белгиланган бўлиши мумкин бўлган маълум кронунига бўйсинади.

Кристаллларнинг ўсиши назариясида, ўша заррачаларнинг ўсаётган кристалл сиртига қайси тартибда ёнидошиши муҳим аҳамиятга эга.

3-расмда кристаллнинг ўсиш тартиби кўрсатилган бўлиб, бу кристаллларнинг ички энергияси назарияси тўғрисида юритган фикримиз билан мосдир.

Ўсаётган кристаллнинг ёнида А ҳолатда жойлашган ионлар шу юзата уч йўналиш бўйича, Б ҳолатидаги ионлар икки йўналиш бўйича, С ҳолатида жойлашган ионлар бир йўналиш бўйича тортилади. Бунда



3 - расм.

Кристалл ёнларининг ўсиш тартиби. А, В, С, -ионларнинг жойлашиш ўрни; А иони уч йўналиш бўйича В иони икки йўналиш бўйича; С иони бир йўналиш бўйича тортилмиш кучига эга.

эритмада, эркин равишда ҳаракат қилаётган ион, биринчи навбатда уч йўналиш бўйича тортилган ҳолатдаги ўринни ишғол этиши, кейин, икки йўналиш бўйича, ундан ҳам кейин бир йўналиш бўйича тортилган ҳолатдаги ўринни ишғол этади. Демак, ўсаётган кристалл ёнида ҳар қайси юза бошлаган қаторни, ўша қатор тўлганидан кейин, ўша қаватдаги янги қаторни тўлдиради. Ниҳоят шу ёнидаги ҳамма қаторлар тўлиб бўлганидан кейин, кристаллнинг янги қават ўса бошлайди. Қатор ва қаватларнинг қалинлиги ион, атом ёки молекула-структура birlikларининг қатталиги билан ўлчанади.

Демак, кристалл ёни устида ўса бошлаган қават тўлмайди ва янги қават ўсиб бошламайди.

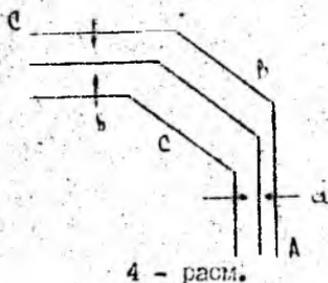
Шу кристалларни ўсиш жараёни тартибига асосан тўғри ўсган кристаллар доимо текис-силлик ёнлар билан чекланган, яъни аса текис қирралар билан кесилган бўлади. Бу қонун кристаллларнинг текис ёнлар ва қирралар билан чекланиш қонуни деб айтилади.

5. Кристалл ёнларининг ўсиш тезлиги ва уларнинг шакли

Китобимизнинг кириш қисмидаёқ кристаллнинг текис-силлик ёнлар ва тўғри қирралар билан чекланган ажойиб шакли кишилар эътиборини қадимдан жалб этиб келиши эслатиб ўтилган эди. Бунинг асосий сабаби, нега шундай эканлиги кристаллларнинг ўсиш назариясида тўшунтириб ўтилди. Кристаллнинг ёни кристалл ташкил этувчи зарралар жойлашган текис юздан, яъни фазовий панжаранинг текис тўридан лобрат. Қирралар аса текис-силлик ёнлар кесилган тўғри чизик, яъни фазовий панжаранинг қаторидир. Шундай экан, юқорида айтиб ўтилганидек кристаллнинг ўсаётган ёни аввалги ҳолатига

параллель ревшда сурилади.

Кристалл ёнининг ўсиш тезлиги деб, шу ёнининг вақт бирлиги ичида, шу ёнга тўлиқ йўналиши бўйича сурилган йўналиш тезлигига айтылади. Бу тезлик кристалл ёни устида вақт бирлиги ичида ўсган қаватнинг қалинлиги /см. сек/ билан ўлчанади. 4-расмда АВ ёни - ёнининг ўсиш тезлиги а, ВС ёнининг тезлиги в ишораси билан кўрсатилган.



Кристалл ёнларининг ўсиш тезлиги. Кристалл ёнларининг ўсиш тезлиги; а - кичик; в - ўртача; с - катта

Расмда кўриниб турибдики, кристаллнинг тез ўсган ёни бора-бора йўқо-

либ кетади /ўрнида кристаллнинг учи юзга келади/, секин ўсаётган ёни эса доимо сақланиб ривожлана боради. Бундан, кристалл ўсиш тезлиги кичик бўлган ёнлар билан чекланади, деган хулосага келиш мумкин.

Демак, эркин ўсаётган кристаллнинг шакли шу кристалл ёнларининг ўсиш тезлигига боғлиқ. Бу эса, ўз ўрнида ион, атом ёки молекулаларнинг ўз қайси кристаллданайтган модданинг ўзига хос муайян йўналишлар бўйича жойланиш тартибг билан белгиланади. Тақриблардан маълум бўлишича кристалл ёнлари ретикуляр зичлиги катта /ортик/ бўлган йўналишлар билан мос келади. Маълум кристалл ёни даги ўза бирлиги ичида жойлашган моддий нукталарнинг /ион, молекула, атом/ соми шу ёнининг ретикуляр зичлиги дейилади.

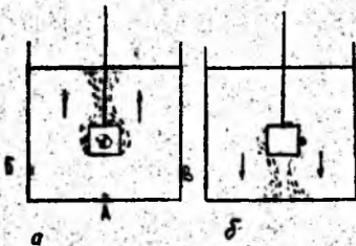
6. Кристалларнинг геометрик заклини ўзгартирувчи асосий сабаблар

Кўп марталиб такрорлаганимиздек табиатда кристалланган моддалар жуда кенг тарқалган, лекин, уларнинг орасидаги аниқ, геометрик шаклга эга бўлганларини кўриб топish жуда қийин. Бунинг сабаби жуда кўп, асосан ўша кристалларнинг пайдо бўлиши ва ўсиш муҳити билан боғлиқ. Бунга қуйида бир неча мисоллар келтирилади.

1. Эритма жуда ҳам ўта тўйинган-концентрацияси жуда юқори бўлса, кристаллашish марказлари - куртакчалари жуда кўп, майда бўлиб, зичлиги туфайли уларнинг биронтаси ҳам тўғри геометрик шаклга эга бўла олмайди.

2. Эритманинг температураси коскин пасайиб кетса ҳам биринчи мисолдаги каби кристалл куртакчалари жуда кўп пайдо бўлади, шу туфайли ўша доналар ўсиб тўғри геометрик шаклга эга бўлган йирик кристалл ҳосил қила олмайди.

3. Ўсаётган кристаллни ҳар томонлама модда билан таъминланиши турига боғлиқ, табиий шароитда ҳам, лабораторияларда ҳам ўсаётган кристалл тўғри геометрик шаклга эга бўлиши учун, ўша кристалл жойлашган ўрнига кўра ҳамма томондан бир меъёрда модда билан ўз-ўзига таъминланиши туриши керак. Лекин маълум сабабларга кўра будай шарт бажаришмайди. 5-расмда кристаллизаторда ўсаётган кристаллар кўрсатилган. Бунда А кристалл донаси баъкат юқори ва ёнлари

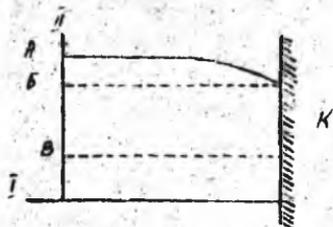


5- расм.

Концентрацион оқим. Оқимнинг йўналиши стрелка билан кўрсатилган /а- ўта тўйинган эритмада; в - тўйинмаган эритмада/

томон ривожланиши мумкин, остки томондан ўсиши учун зерур модда бўла

таъминланмайди, Б ва В кристалл доналарининг ҳам кристаллизаторга тегиб турган ёнлари ўсмайди. Баъкат, Д кристалл донаси ҳар томонлама баробар ривожланиши мумкин. Кристалл осиб кўйилганлиги учун эритмадаги модда билан ҳамма томондан баробар таъминланади. Шуниси маълумки, кристалл ўсиши давомида унга тегиб турган эритманинг концентрацияси, шу билан баробар солиштирма оғирлиги ҳам камайди. Енгиллашиб қолган эритма юқорига кўтарелади, унинг ўрнига яна тўйинган эритма оқиб келади. Натихада, расмда стрелкалар билан кўрсатилгандек концентрацион оқим взога келади. 6- расмда К кристаллнинг ўсиши пайтида эритма концентрациясининг ўзгариши тасвирланган А - ўта тўйинган, В- эса тўйинган эритмада эриган модданинг миқдори. Кристаллнинг ўсиши пайтида кристаллга яқинлаш борган сари эритманинг концентрацияси камайди.



6 - расм.

Кристалл ҳасбатган пайтда эритма концентрациясининг ўзгариши. А - ўта тўйинган; В-тўйинган эритма сатҳи; кристалланиш пайтда кристалл яқинида концентрацияси камайган эритманинг сатҳи /В/ I-кристалл ўнгтача бўлган массага; II-молекуляр концентрация.

Кристаллнинг ўсиш жараёнида эритмада камайган, модданинг В сатҳида қўрсатишган миқдори билан А сатҳида қўрсатишган, ўта тўйинган эритмада эриган модда миқдори орасидаги фарқ, концентрацион оқимни юзага келтирувчи куч ҳисобланади.

I. ГЕОМЕТРИК КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

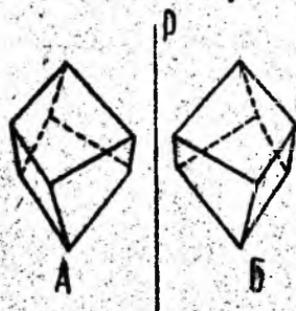
Кристалл, яъни айтаётганимиздек, ўзи учун ҳос мууитда вуқудга келган, қонуний тартиб билан даврий жойлашган структура бирикмалари - атом ёки ионлардан ташкил топган, текис ёнлар билан чекланган жисм-геометрик шакллар. Шунинг учун ҳам уларнинг шакли тасодифий бўла олмайдди. Ақсича, шу кристаллни ташкил этган химиявий бирикманинг таркибига қирадиган элемент ва шўҳоят, кристалл ҳосил бўлаётган мууит билан боғлиқ, равишда өззага келади. Н.В.Белов иборази билан айтганда "йирлик макрокристалл минералог учун очик китоб бўлиб, унда минералнинг ўз тарихи ва топилган қоннинг тақдири ўзилгандир". Китобнинг бу бобида ўша Н.В.Белов айтган "очик китоб шакллаларини" дараклаб бошлаймиз. Кристаллар геометрик шаклландир, лекин, геометриядан таниш бўлган шакллариинг ҳаммаси ҳам кристалл шакллари бўлавермайди.

Кристалл аниқ геометрик шаклга эга бўлганлиги учун, уларни ўрганиш гадимдан математика-геометрия қонунарига асосланади. Шунинг учун китобнинг бу боби геометрик кристаллография дейилади.

< I. Кристаллар симметрияси ва уларни ўрганиш

Кристаллнинг шаклини текшириш-ўрганишда, уларни бир-биридан

Ғарқ қилинса кўзга янғурл кўринадиган белгилардан бири улардаги симметрия / симметрия - гаджани грек тилида тент-ўхшаш демакдир / тузилмидир. Агар икки шаклнинг бири-иккинчисига ўхшаш ва тент мос келар экан, улар ўзаро симметрик шакллар бўлади. Улардан бири иккинчисининг ойнадаги аксидек бўлар экан, бундай шаклларга энантиморф шакллар дейилади. Агар бир шаклнинг ўзи ўхшаш ва тент мос бўлаклардан ташкил топган бўлар экан, у ҳолда бундай шаклнинг ўзи симметрик шаклдир. Шакл бўлакларни орасидаги мана шу тент ва ўхшашлиқни-мосликни геометрик усуллар ёрдамида тасаввур қилиш мумкин. Бунда, шаклларнинг мос бўлаклари / қисмлари / орасидаги ўхшаш ва тенгликни тасаввур этишда айланиладиган геометрик элементлар симметрия элементлари дейилади.



7 - расм.

Энантиморф шакллар. А ва В шакллар ўзаро тент бўлиб P текислиги ёрдамида бири-иккинчисининг аксидир.

2. Симметрия элементлари

Ҳар қандай кристалл шаклининг ўзи учун ҳос симметрия элементлари бўлиб, кристалл шаклининг қай даржада симметрик тузилганлиги ҳақида шу кристаллда аниқланган симметри

элементларнинг турли ва сонига қараб ҳулоса чиқарилади. Бунга қараб улар маълум тартиб билан классларга ажратилади.

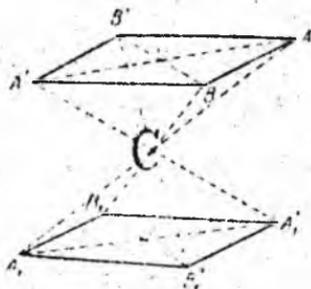
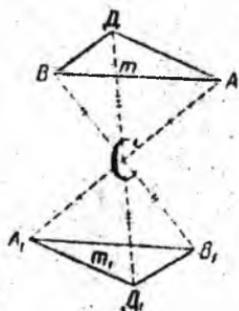
Биз бу ерда ҳақат чекланган геометрик шакллар учун макро / кўзга кўринадиган / симметрия элементларини кўриб ўтатиш, чексиз узалуксиз давом этадиган шакллар учун ҳос микро / кўзга кўринмай-диган / симметрия элементлари ҳақида китобнинг кейинги бобларида воқеъиб, умумий тушунчаларига келтирамиз.

Шундай қилиб, кристалл ўхшаш-тент қисмлардан иборат шакл. Ў ўхшашлик ва тенгликни маълум геометрик воситалар билан изохлаш мумкин. Бундай геометрик воситалар текислик, тўғри чизик, ёки нуқта бўлиши мумкин. Агар кристаллнинг ўхшаш тент қисмлардан иборат элементни текисликка нисбатан аниқланаб экан, ўша текислик

симметрия текислиги; тўғри чизиқда нисбатан аниқданар экан, у чизиқ симметрия ўқи ва нисоят, нуқтага нисбатан аниқданар экан, бу нуқта инверсия маркази дейилади. Симметрия элементлари қуйида инверсия марказидан бошлаб таърифланади.

1. Инверсия маркази. Кристалл шаклининг орасида-марказида, ундаги симметрия ўқлари / агар улар мавжуд бўлса / кесилган ўрнида жойлашган деб тасаввур этиладиган нуқта бўлиб, шу нуқта инверсия маркази бўлур экан, у ҳолда кристалл шаклининг ҳар қайси учи, қирраси ва ёнлари қарама-қарши томонда ўзига мос, ўзаш ва тенг уч, қирра ва ёнларга, яъни ўз аксига эга бўлади. Демак, инверсия маркази кристалл шаклининг ҳар бир элементи аксини қарама-қарши томонига қайтариб-қўчириб берадиган нуқтадир.

8, а - расмда А нуқта берилган бўлиб, шу нуқтанинг С маркази орқали акси A_I бўлсин, С нуқтанинг симметрия маркази бўлиши учун АС билан $A_I C$ кесмалари бир тўғри чизиқ, устида ётиши, иккинчидан



8- расм. Симметрия маркази. $ABC = A_I B_I C$;

$$A' B' A' B = A' B' A' B'$$

шу кесмалар тенг, яъни $AC = A_I C$ бўлиши керак. Шу расмда кўрсатилган В ва B_I нуқталар ҳам А ва A_I нуқталар каби шундай шартга жавоб беради, яъни ВС ва $B_I C$ кесмалари бир тўғри чизиқ, устида ётар экан, ҳам $BC = B_I C$ бўлар экан, геометрия қриунларига мувофиқ, АВ кесмаси билан $A_I B_I$ кесмаси бир-бирига параллельдир. Ҳундан инверсия марказига эга бўлган кристалл қирраси қарама-қарши томонда ўзига тенг ва параллель аксига эга бўлиши керак, деган хулосага келиш

мумкин. Шундай экан, 8, а расмда кўрсатилган кристаллнинг а ёни-ни чеклаб турган АВ, ВД ва АД кесмалар - кирралар ҳам С маркази орқали ўзига тенг ва параллель бўлган аксига - A_1B_1, B_1D_1 ва A_1D_1 кесмаларга эга бўлади. Гесметриядан яна шу нарса маълумки, кесмалар қарама-қарши томонга ўзига параллель бўлиб кўчар экан, шу кесмалар билан чекланган текислик ҳам қарама-қарши томонга ўзига параллель равишда кўчади. Кўрилган мисолда $ABD / A_1B_1D_1$ яъни, кристаллнинг ёни, С инверсия маркази бўлган ҳолда қарама-қарши томонда ўзига тенг ва параллель акси - ёнига эга бўлади.

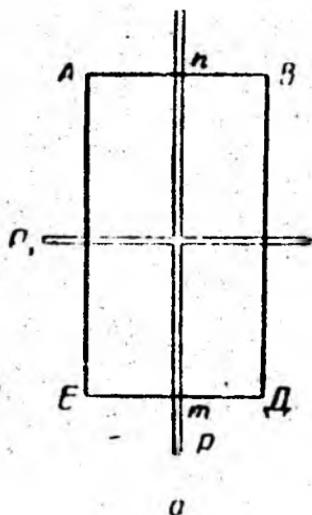
Демак, инверсия марказига эга бўлган ҳар қандай кристалл шакли қарама-қарши томонларда жойлашган мос тенг ва параллель ёнлардан ташкил топган бўлиши керак. Шунга мувофиқ амалий иш пайтида, берилган кристалл шаклида инверсия марказининг бор-йўқлиги ҳақида қарама-қарши ётган ёнларнинг бир-бирига тенг ва параллеллигига қараб хулоса чиқарилади /расм 8.6 /.

Инверсия маркази С ҳарфи билан белгиланади. Кристаллар симметриясини таърифлашда махсус кристаллография ва минералогия китобларида инверсия маркази ёзибмайди. Лекин мавжуд бошқа симметрия элементларининг тенг таъсир этувчи сифатида геометрия /2-жадвал / тасаввур этилади, ёки I шаклида /факт инверсия маркази - нинг ўзи бўлса/ ёзилади. ✓

2. Симметрия текислиги. Кристалл шаклида симметрия текислиги борлигини аниқлаш учун, шу шакл устидан уни тенг икки қисмга ажратадиган қандайдир текислиكنи ўтказиш тасаввур этилади. Масалан, 9 расмда АВЕД кристалл кўрсатилган ва бунда шу кристаллни икки қисмга ажратадиган Р ва P_1 текисликлар тасвир этилади. Р текислиги ўтказилган кристаллнинг биринчи ярмидаги А учи билан иккинчи ярмидаги В учи, шунингдек, Е учи билан Д учлари бир-бирига мос ўқиш учларидир. Шу кўрсатилган Р ва P_1 текисликларининг симметрия текислиги бўлиши учун қуйидаги шартлар баъариллиши керак:

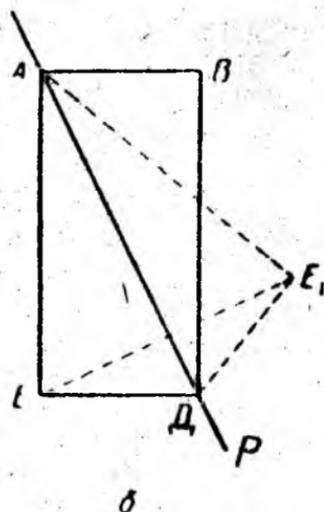
а/ Кристаллнинг мос учларининг бир текисликда ётиши, яъни А билан В ва Е билан Д мос учларининг Р ва P_1 текисликдаги проекцияси, расмда кўрсатилганидек, бир нуктада бўлиши керак. Шундай бўлар экан кристаллнинг А ва В учлари проекцияси n нуктага, Е ва Д учларининг проекцияси m нуктага тушади ва х.к.

б/ Кристаллнинг ҳар бир мос учлари билан шу учларнинг тасаввур этилган симметрия текисликдаги проекцияси орасидаги масофа



9 - расм.

P, P_I - Симметрия текислини



10 - расм.

P -симметрия текислиги эмас.

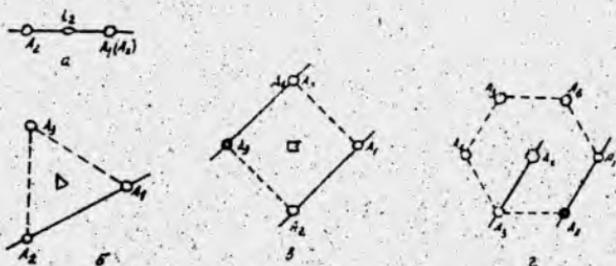
ҳам тенг, яъни $A_n = B_n$; $E_m = D_m$ каби, яъни кристаллнинг P ва P_I текислиги билан ажратилган иккала қисми бир-бирига тенг бўлиши шарт. Демак, симметрия текислиги деб, берилган кристалл шаклини тенг ва ўхшаш, биринчи ярми иккинчи ярмининг кўзгудаги акси каби икки қисмга ажратадиган текис ликка айтилади. 10 расмда кўрсатилган $ABCD$ кристалл устидан ўтказилган P текислиги симметрия текислиги бўла олмайди. Чунки, A, E билан B, D мос учлар бир текисликда ётмайди, уларнинг P текислигидаги проєкцияси ҳам бир нукта устида тушмайди, яъни кристалл тенг қисмларга бўлингани билан бу қисмларнинг бири иккинчисининг кўзгудаги акси бўла олмайди. Симметрия текислигини ўқув машғулотларида " P " ҳарфи билан, махсус китобларда " m " ҳарфи билан ифодаланади.

3. Симметрия ўқлари. Геометрияда умуман, қандайдир жисм ёки чизма устида ихтиёрый танланган икки нуқтанинг бирлаштирувчи тўғри чизиқ-ўқ деб аталади. Шунга ўхшаш кристаллографияда ҳам, кристалл шакли устида ихтиёрый икки нуқтани танлаб, уларнинг бирини иккинчиси билан туташтириб, шу нуқталар орқали қандайдир ўқ ўтказилган деб тасаввур этилади. Бироқ, кристалл шакли устида танлан-

ган бу нукталар тасодифий эмас, балки уларни туташтириш натижа-сида ҳосил бўлган, тасаввур этиладиган ўқ симметрия ўқи бўла ола-ди, деган фикрга асосланиб таянлади. Шундан кейин кристалл шак-лини мана шу фараз этилган ўқнинг симметрия ўқи эканлиги исбот қилинади. У симметрия ўқи бўлар экан, у ҳолда қуйидаги шартларга жавоб бериш керак:

а/ симметрия ўқи атрофида айлантирилганда кристалл шаклининг ўхшаш элементлари / қирраси, ёни ва учлари/ тенг бурчаклардан ке-йин бутун сон марта шу ўқ атрофида такрорланади; б/ кристалл шак-лининг шу ўқ атрофида такрорланиб келаётган ўхшаш-тенг-симметрик элементлари бир текисликда ётади /II расм./ Кристалл шаклининг ўхшаш элементлари орасидаги энг кичик бурчак 60° ; 90° ; 120° ёки 180° бўлиб, булар элементар бурчак деб айрилади.

Элементар бурчак 60° га тенг бўлган ҳолда кристалл шакли-нинг ўхшаш элементлари шу тасаввур этилган симметрия ўқи атрофи-да 6 марта такрорланади, яъни кристалл шакли би; марта 360° га айлан-тирилганда 60° ли бурчакла⁶ 6 марта кайтарилиб келади. Элементар бурчак 90° га тенг бўлса, кристалл шаклининг ўхшаш элементлари 4 марта кайтарилади. Шунингдек, элементар бурчак 120° бўлса, кристалл шаклининг ўхшаш элементлари 3 марта, 180° бўлганда эса 2 марта такрорланади.



II - расм.

а-иккинчи даражали; б-учинчи даражали; в-тўртинчи даражали; г-олтинчи даражали симметрия ўқлари;

A_1 , A_2 , A_3 кристаллнинг шу ўқлар атрофида такрорланувчи элементлари - учлари, ёнлари ва қирралари проекцияси.

Кристалл шаклини симметрия ўқи атрофида бир марта - 360° ай-лантирилганда такрорланиб келаётган ўхшаш элементларининг сони шу

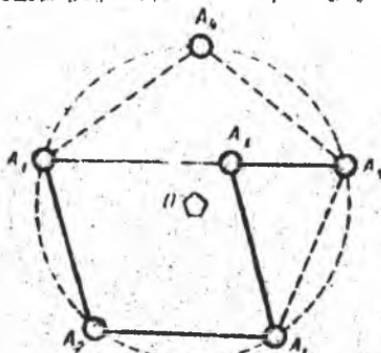
симметрия ўқининг даражаси дейилади. Демак, симметрия ўқи биринчи ҳолда олтинчи даражали, иккинчи ҳолда-тўртинчи даражали ва шунингдек, учинчи даражали ҳам, иккинчи даражали ҳам бўлади. Кристаллографияда симметрия ўқлари машғулот пайтида L ўқи ҳарфлари билан белгиланади ва уларнинг даражаси шу ҳарфларнинг ўнг томонида, яъни $L_2; L_3; L_4; L_6$ ёки $S_2; S_3; S_4; S_6$ ёки юқорида $L^2; L^3; L^4; L^6$ ёки $S^2; S^3; S^4; S^6$ каби ёзилади.

Лекин, махсус кристаллографияга, минераллар структурасига оид китобларда симметрия ўқи-фаҳат даражаси 1, 2, 3, 4, 6 каби ёзилади.

Кристалл шаклларида бешинчи даражали, еттинчи ва ундан ортиқ юқори даражали ўқларнинг бўлиши мумкин эмас. Кристалл фазовий панжаралари элементар ячейкасининг параллелоипедлар шаклида тасаввур этилиши юқорида айғиб ўтилган эди. Шундай кристалл фазовий панжарасининг текис тўри параллелограммлардан ташкил топган бўлиши керак. Шунга асосан кристаллларда бешинчи даражали ўқларнинг бўлиши мумкин эмаслиги 12-расмда кўрсатилган. Бунда чизма текислиги фазовий панжаранинг текис тўри билан мос келиши, фарз қилинган бешинчи даражали симметрия ўқининг эса, шу текисликка перпендикуляр, O нуқтадан ўтиши керак. Шаклнинг ўхшаш элементлари a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 шу ўқ атрофида ҳар 72° да тақрорланиб келади. Бундай ўқнинг мавжуд бўлиши учун расмда кўрсатилган тенг томонли беш бурчак параллелограммларга, бўш оралик қолмасдан, ажратилиши лъни параллелограммларга ажратиш мумкин эмаслигини расмдан билиб олса бўлади. Кристалл шаклларида бешинчи даражали ўқларнинг мавжуд эмаслигини бешки усуллар билан ҳам тushунтириш мумкин, лекин бу китобда шунинг ўзи билан чекланиб қоламиз.

Кристаллларда юқорида таърифлаб ўтилган оддий айланма симметрия ўқларидан ташқари

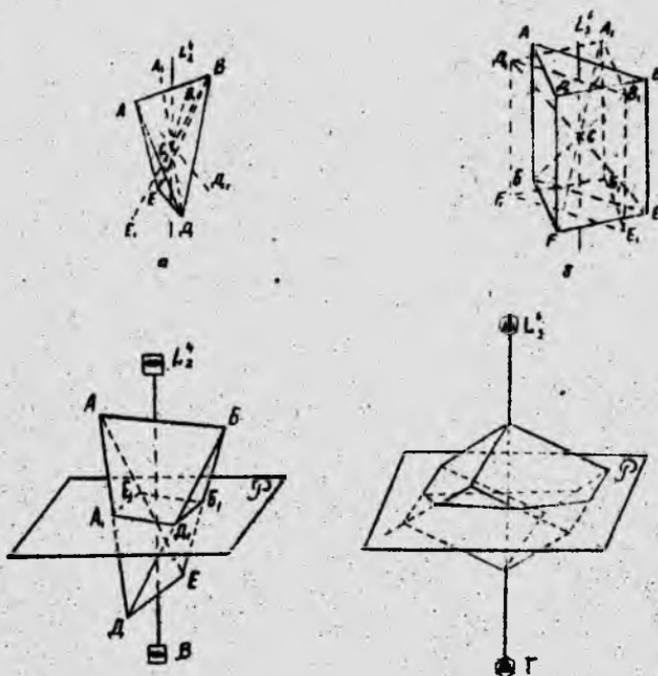
L_5 - Кристаллларда бўлиши мумкин эмас, ўхшаш элементлардан иборат беш бурчаклик параллелограммлардан ташкил бўлмайди.



12 -- расм.

транслацион ва винт ўқлари ҳам бўладики, бу тўғрида китобнинг кейинги бобларида умумий тushунча бериб ўтилади. Яна мураккаб инверсион ва текислиқли айланма / зеркально-поворотные / симметрия ўқлари ҳам mavjuddirки, куйида шулар хақида гап боради.

Инверсион симметрия ўқлари. Номидан ҳам кўриниб турибдики, симметрия элементида симметрия ўқи ҳам, инверсия маркази ҳам бир пайтнинг ўзида тенг таъсир этувчилардир. 13-расмда кўрсатилган шаклда L_2 симметрия ўқининг mavjudligи шубҳасиздир. Бирок, шу



13- расм.

Инверсион симметрия ўқлари. Инверсион тўрттинчи /а, в/ ва олтинчи /б, г/ даражали симметрия ўқлари.

шаклнинг ўзида инверсия маркази С ҳам бор деб фарз қилайлик. У ҳолда юқоридаги А ва В учларининг акси пастда D_I ва E_I нукталарида, пастки Д ва Е учларининг акси юқорида A_I ва B_I нукталарда

жойлашади. Шундай кейин юкорида иккинчи даражали деб тасаввур этилган симметрия ўқи тўртинчи даражали бўлиб қолади. Чунки кристалл шаклининг юкоридаги ABA_1B_1 ва шундаги D_1E_1DE учлари бир текисликда ётади ва шу нукталар орасидagi бурчак бир-бирига тенг $\sim 90^\circ$ дир. Демак, кўрсатилган иккинчи даражали симметрия ўқи бир пайтнинг ўзида, инверсия маркази ҳам бор деб ҳисобланганда, тўртинчи даражали симметрия ўқи ҳам бўлиб қолади. Бундай ўқлар инверсион симметрия ўқлари дейилади. Шунга ўхшаш 13-расмда учинчи даражали симметрия ўқи L_3 бўлган кристалл тасвир этилган, бу кристалл шаклида ҳам симметрия маркази бор деб қараб қилинар экан, у ҳолда, шу симметрия ўқининг ўзи олтинчи даражали симметрия ўқи бўлиб қолади, яъни учинчи даражали ҳақиқий ва олтинчи даражали инверсион ўқ бўлиб қолади. Инверсион симметрия ўқларини турли китобларда турлича ёзиш тавсия этилади, гулайлик учун L_2^4 ўқи L_3^6 тарзида белгилашни тавсия эта-миз. Кристалл шаклида шу кўрсатилган даражалардан бошқача даражали инверсион симметрия ўқлари мавжуд эмас. Бундан ташқари оддий симметрия ўқлари билан симметрия текислиги шундай инверсион ўқларининг тенг таъсир этувчиси бўлиши мураккаблигини ҳам унутмаслик керак. Буни куйидаги мисолда кўриш мумкин.

Текисликли айланма симметрия /зеркально-поворотные/ ўқлари. Бундай симметрия ўқлари оддий айланма симметрия ўқи билан симметрия текислигининг бир пайтнинг ўзида-тенг таъсир этдириш йўли билан тасаввур этилади. 13-в, г расмларда $ABDE$ кристалл шакли устида L_2 симметрия ўқига перпендикуляр йўналиш бўйича ўқазилган симметрия текислиги P тасвир этилган. Кристалл шаклининг элементларини - учларини проекцияси шу P текислик устига туширилар экан, у ҳолда, шу текисликнинг устида ётувчи $A_1B_1D_1$ ва E_1 нукталарга эга бўламизки, бу нукталар ўқазилган оддий иккинчи даражали ўқ атрофида 90° лик элементлар бурчак ҳосил қилиб тақсирланади. Шунга кўра бу расмда тасвир этилган оддий иккинчи даражали симметрия ўқи бир пайтнинг ўзида текисликли тўртинчи даражали айланма симметрия ўқи бўлади ва юкорида кўрсатилганидек L_2^4 шаклида ёзилади, P - текислик билан $/L_2/$ иккинчи даражали симметрия ўқи инверсион тўртинчи даражали ўқининг тенг таъсир этувчиси бўлади. 13-г, расмда худди

шундай оддий учинчи даражали ва текисликли олтинчи даражали айланма симметрия ўқи тасвир этилган.

Юзрида таърифлаб ўтилган иккала ҳолда ҳам тасаввур этилган инверсион ва текисликли симметрия ўқи мавжуд деган хулосага келинди, ҳолос. Фақат бунинг учун икки усулдан қўшимча инверсия маркази ва симметрия текислигидан фойдаланилди. Буздан кейин биргина инверсион ўқлар деган иборадан фойдаланамиз.

2. Симметрия элементларини геометрик

кўриш

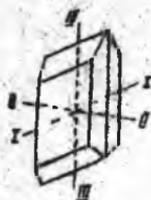
Кристалл шаклларидаги тасаввур этилаётган симметрия элементларининг сони битта ҳам, бир нечта ҳам бўлиши мумкин. Шунга ўхшаш бир шаклнинг ўзида бир неча хил даражали симметрия ўқларининг ҳар бири ҳам, симметрия текислиги ҳам, бир нечтадан бўлиб топилishi мумкин. Албатта, бир кристалл шаклида бўлиши мумкин бўлган шу симметрия элементларининг тури ва сони маълум геометрик қонуларга мувофиқ, бири иккинчиси билан боғлиқ, равишда намоён бўлади.

Шу симметрия элементларини кўриш тўғрисида сўз очилмасдан аввал, шу масалага оид математик йўл билан исбот этилган, табиий кристалл шаклларидагина қўрилган бир қатор теоремаларни эслатиб ўтамиз. Лекин, бу ерда қисқалик учун уларни исбот қилиб ўтирмасдан қабул қилаверамиз. Шу билан бирга, шу теоремаларни унутмасликни ва табиий кристалл шакллари моделиларда ўрганаётганда уларнинг қанчалик тўғри эканлигини текшириб қўришни ўқувчиларнинг ўзларига ҳавола қиламиз. Қуйида келтирилган теоремалар худди шу, ҳар бир кристалл шаклида тасаввур этишшмиз мумкин бўлган симметрия элементларини аниқлашга – математик йўл билан ҳдооблаб чиқишга имкон беради.

Симметрия элементларининг қўшилишига оид, улар орасидаги боғланишни кўрсатувчи теоремалар

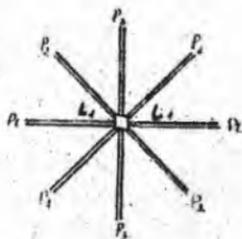
а/ Эйлер теоремаси. Икки симметрия ўқи мавжуд бўлган шакл-

да, шу икки симметрия ўқи кесилган нуқтадан ўтадиган учинчи симметрия ўқининг бўлиши шарт. I4-расмда кўрсатилганидек иккита иккинчи даражали ўққа перпендикуляр учинчиси ҳам ўтади.



I4- расм. I, II, III симметрия ўқларидан икkitаси мавжуд экан, учинчи симметрия ўқининг ҳам бўлиши шарт.

б/ биринчи теорема. Бир неча симметрия текислиги кесилган тўғри чизик, бу симметрия текисликлари билан тенг та сир этувчи симметрия ўқи бўлиб, бу ўқнинг элементар бурчаги симметрия текисликлари ҳосил қилган бурчақдан икки марта каттадир. Бошқача қилиб айтганда, симметрия ўқининг даражаси шу ўқ устида кесишувчи симметрия текисликларининг сонига тенг. I5-расмда симметрия ўқи ва шу ўқ устида кесишувчи тўртта текислик кўрсатил-



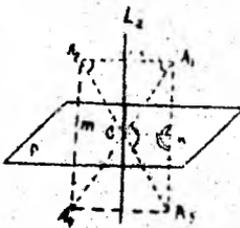
I5 - расм.

Симметрия ўқининг даражаси шу ўқ устидан ўтадиган симметрия текисликларининг сонига тенг. P_1, P_2, P_3, P_4 симметрия текисликлари кесилган тўғри чизик, симметрия ўқи бўлади /чизма текислигига перпендикуляр/.

ган. Уқнинг элементар бурчаги 90° га, симметрия текисликлари орасидаги бурчак эса 45° га тенг.

в/ Иккинчи теорема. Инверсион маркази ва жуфт даражали симметрия ўқи бўлган шаклларда симметрия ўқига тик йўналиш бўйича симметрия текислиги ҳам ўтади.

A_1 нуктани, 16- расм, кристаллнинг учи деб фараз қилайлик.



16- расм. Жуфт даражали симметрия ўқи ва симметрия маркази мавжуд бўлса, бундай шаклда шу ўққа перпендикуляр симметрия текислиги ҳам бўлади.

шу нукта иккинчи даражали симметрия ўқи - L_2 орали A_2 нуктага ва инверсия маркази - C орали

нуктага, ва A_1 нукта эса A_4 нуктага қўчирилади. Шундай экан, албатта инверсия маркази C устидан симметрия ўқига перпендикуляр йўналган симметрия текислиги P ҳам мавжуддир. Чунки A_1 билан A_2 ва A_3 билан A_4 нукталар шу текисликдан тенг узоқликда ва бир тўғри чизик устида ётади, ҳам шу мос нукталарнинг P текисликдаги проекцияси бир нуктага тушади. Ақс ҳолда иккинчи теоремада айтиб ўтилган симметрия элементларининг бири мавжуд бўлмас эди. Бундан шундай хулосага келиш мумкин:

1/ Кристалл шаклларида инверсия маркази ва шу марказ устидан ўтган симметрия текислиги бўлса, у ҳолда симметрия текислигига тик йўналган жуфт даражали симметрия ўқи ҳам бўлади:

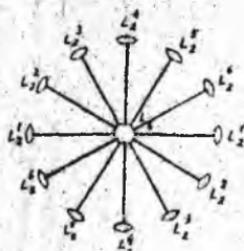
2/ Кристалл шаклларида симметрия текислиги билан шу текисликка тик йўналган жуфт даражали симметрия ўқи мавжуд экан, у ҳолда инверсия маркази ҳам бўлади:

3/ Инверсия маркази мавжуд бўлган кристалл шаклларида жуфт даражали симметрия ўқларининг сони симметрия текисликларининг сонига тенг бўлиб, бу симметрия текисликларининг ҳар бири жуфт даражали симметрия ўқларига перпендикуляр йўналишда ўтади.

г/ Учинчи теорема. Юқори даражали ва шунга тик йўналишда ўтган иккинчи даражали симметрия ўқлари бўлган кристалл шаклларидаги иккинчи даражали симметрия ўқларининг сони юқори даража-

ли симметрия ўқининг даражаси сонига тенг, масалан $L_3 3L_2; 4L_2 L_4;$
 $L_6 6L_2$ каби бўлади.

Юқори даражали симметрия ўқи ўрнида иккинчи даражали симметрия ўқи мавжуд экан, у ҳолда $L_2 + 2L_2$ яъни $3L_2$ бўлади ва бир-бирига перпендикуляр йўналишида ўтади.



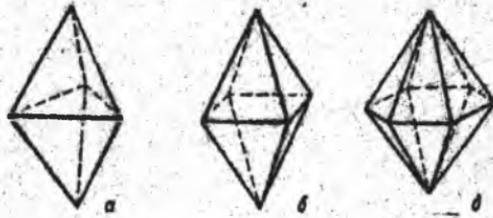
17- расм. Юқори даражали симметрия ўқига перпендикуляр ўтган иккинчи даражали ўқларнинг сони шу юқори даражали ўқнинг даражасига тенг. Расмда L_2 сони 6 га тенг.

3. Симметрия элементларининг табиий кристаллардаги қаторлари

Кристалл шакллари тузилишига кўра икки гурпулага бўлинади. Биринчи гуруппаси ягона йўналишли, иккинчи гуруппаси ягона йўналишли йўқ, ёки кўп йўналишли деб айтилади.

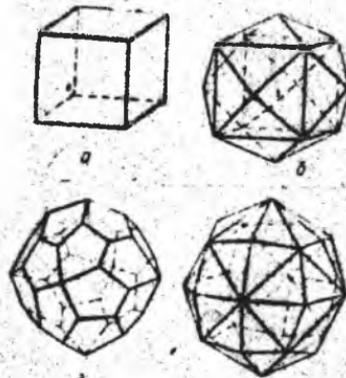
Кристалл шаклларидаги бошқа такрорланмайдиган бирдан бир йўналиш ягона йўналиш деб айтилади. 18-расмда олтинчи даражали симметрия ўқи (L_6, L_3, L_4) йўналиши ягона йўналишдир, чунки бундай йўналиш шаклда бошқа такрорланмайди. 18- расмдан кўриниб турибдики, ягона йўналишли кристалл шаклида симметрия маркази, симметрия текислиги ва иккинчи даражали симметрия ўқлари бўлиши мумкин. Улар ягона йўналишга перпендикуляр, ёки уни устидан шу йўналишга параллель равишда ўтади. Ягона йўналиш юқори даражали ўқ йўналиши билан мос келади, яъни шу ўқ, устига тушади / юқори даражали ўқлари кўп бўлган шакллар - кўп йўналишли шакллардир/. Демак, ягона йўналишли кристалл шаклларида шу йўналишга нисбатан 90° дан бошқача бурчак ҳосил қилиб ўтадиган симметрия ўқининг ҳам симметрия текислигининг ҳам бўлиши мумкин эмас. Аҳо ҳолда, шу ўқ, ёки текислик атрофида ягона йўналиш деб айтилган йўналиш икки ёки ундан орттиқ марта такрорланадиган бўлар ва у

ягона йўналиш бўлиб қола олмас эди /19- расм/.



18 - расм.

3,4,6 - ягона-кристаллда бошқа такрорланмайдиган йўналиш.



19 - расм.

Ягона йўналиши йўқ. Кристаллинг юқори даражали уқлари кўп марта такрорланади.

Ягона йўналишли шакллардаги симметрия- элементларнинг каторлари

Симметрия элементларининг мана бу ягона йўналишли шакллар-
га ҳос каторлари қуйидагича бўлиши мумкин:

1. Ягона йўналиш билан мос ўтувчи симметрия ўқлари.
2. Шу билан бирга симметрия маркази ҳам
3. Бошланғич ҳолатдаги ягона йўналишга нисбатан перпенди-
куляр йўналган симметрия текислиги, ва яна
4. Бошланғич ҳолатдаги ягона йўналишга нисбатан параллель
ўтувчи симметрия текислиги билан бирга;
5. Бошланғич ҳолатдаги ягона йўналишга нисбатан перпендику-
ляр йўналган иккинчи даражали симметрия ўқлари ва яна
6. Тасаввур этиш мумкин бўлган ҳамма симметрия элементлари
тағиндисини олинади.

Биринчи тартиб бўлган, ягона йўналиш билан мос қўйилган
симметрия ўқлари бешта, яъни $L_1; L_2; L_3; L_4; L_6$ /1; 2;
3; 4; 6/ симметрия элементлари каторини ҳосил қилади. Бундан
шартли равишда олинган бўлиб, у кристалл шаклида чексиз марта
гакфронланган мумкин. Ҳундай шаклда ягона йўналиш кўп бўлади.
Симметрия элементларининг юзрида кўрсатилган биргина ўқдан таш-
қил топган каторлари "иррационал" - "сонда" каторлар - симметрия
сўзмишлари деб айтылади.

Тартиб бўйича иккинчи навбатда, ҳосил қилинган бешта катор-
нинг ҳар бирига симметрия маркази қўйиб назаримиз. Бундан қуйида-
гича янги каторлар олинади:

Биринчи даражали ўқ - L_1 ни ҳисобга олганда биринчи ка-
тор $C - \bar{1}$ шаклида бўилади.

Иккинчи теоремага мувофиқ /29- бет/ ҳуфт даражали симметрия
ўқи ва симметрия маркази олган шаклларда симметрия ўқи ва пер-
пендикуляр йўналишда ўтувчи симметрия текислиги бўлиши шарт. Шун-
га кўра L_2, C ўқида L_2, C катори, L_4, C ўқида L_4, C ва L_6, C
ўқида L_6, C каторлари язага келади. Демак, иккинчи амал
натijasида симметрия элементларининг $C/L_1; L_2, C /2/m /;$
 $L_3, C/3/;$ $L_4, C /4/m /;$ $L_6, C /6/m /$ каби каторлари ҳо-
сил бўлади ва бу каторлар - "марказли" каторлар деб айтылади.

Кўринишдан L_3 C қатори Эйлер теоремасига зиддек бўлиб туғилади. Бундай шаклда L_3 билан мос келадиган инверсион олтинчи даражали ўқ L_3^6 мажбурийлигини, яъни шу ўқнинг ўзини олтинчи даражали инверсион симметрия ўқи бўлиб олиганини эътиборга олар эканлига, бундай шубҳага ўрин қолмайди.

Учинчи тартиб бўлича бошланғич ҳолатга ягона йўналишга перпендикуляр симметрия текислигини қўшамиз. Лекин, аввалги амалда иккинчи теоремага мувофиқ, ҳудуд даражали ўқларга нисбатан бу аввал бажарилган $L_2 PC/2/m/$; $L_4 PC/4/m/$; $L_6 PC/6/m/$ қаторлари юқорида ёзилган эди.

Ток даражали симметрия ўқлари эса $L_1 P=P/m/$; $L_3 P=L_3^6 /6/$ қаторларини берадики, бу тўғрида қуйида батафсил тўхтаб ўтамиз / 34 - бет/.

Тўртинчи тартибга кўра бошланғич ҳолатга ягона йўналиш устидан унга параллель ўтадиган симметрия текисликлари ҳисобга олинади. Бунинг учун биринчи теоремадан фойдаланиб, симметрия текисликлари соҳини юқори даражали ўқнинг даражасига тенг қилиб олинади ва бундан қуйидаги қаторлар келиб чиқади: $L_1 P=P/m/$; $L_2 2P/2mm/$; $L_3 3P/3mm/$; $L_4 4P/4mm/$; $L_6 6P/6mm/$. Бу қаторларни "планаль" - текисликли симметрия кўринишлари дейилади.

Навбатдаги тартиб билан ягона йўналишга перпендикуляр йўналишга иккинчи даражали ўқлар ёзилади, буларнинг сони учинчи теоремага мувофиқ, юқори даражали / ягона йўналиш билан мос ўтувчи/ симметрия ўқининг даражасига тенг яъни: $L_1 L_2=L_2 /2/$; $L_2 2L_2=3L_2/$; $L_3 3L_2 /3/$; $L_4 4L_2 /4/$; $L_6 6L_2 /6/$

бўлади.

Симметрия элементларининг бу қатори "аксиаль" /ўқли/ симметрия қатори деб айтилади.

Энди бошланғич ҳолатга, бўлиши мумкин бўлган ҳамма симметрия элементларини, яъни инверсия маркази / C /, симметрия текислиги / P / ва ягона йўналишга тик йўналган иккинчи даражали симметрия ўқларининг ҳам, ҳаммасини қўшамиз. Юқорида келтирилган теоремаларга мувофиқ қуйидагича белта янги симметрия кўринишларини ҳосил қиламиз:

$$L_1C+P+L_2=L_2PC / 2/m/$$

$$L_2C+P+2P+2L_2=3L_23PC / 3mm/$$

$$L_3C+3P+3L_2=L_33L_23PC / 3m/$$

$$L_4C+P+4P+4L_2=L_44L_24PC / 4mm/$$

$$L_6C+P+6P+6L_2=L_66L_26PC / 6mm/$$

Буларга "планақиль" симметрия элементлари қатори дейилади. Ягона ягона йўналиш билан инверсион ўқларни мос қўйилса қуйидаги "тироидопризмив" /инверсион ўқли соқда/ симметрия элементлари қаторини: $L_{11}=C/I/$; $L_{12}=P/m/$; $L_{13}=L_3C/3/$; $L_{14}=L_2^4/4/$; $L_{16}=L_3P/6/$ ва шу ягона йўналишга мос қўйилган инверсион симметрия ўқларни устидан ушга параллель ўтувчи текрелиларни қўйилса қуйидаги "тироидолланталь" симметрия элементлари қаторини: $L_{14}2L_22P-L_22L_22P/42m/$; $L_{16}3L_23P=L_33L_24P/3m/$ ҳосил қилинади.

Симметрия элементларининг бу 27 қатори ягона йўналишли кристалл шакллари учун ҳосилдир.

Ягона йўналишга эга бўлмаган шакллар симметрия элементлари қатори

Қуйида ягона йўналиши йўқ кристалл шакллари учун ҳосил симметрия элементлари қатори кўриб ўтилади.

Ягона йўналишга эга бўлмаган кристалл шакллариининг тетраэдр, куб, октаэдр каби шакллардан иборат ақанлиги элементлар геометриядан маълум, бу ўз пайтида математик йўл билан исбот этилган. Ушбу китобда бу исботлар ҳақида тўхталиб ўтмасдан, тўғридан тўғри ўша шаклларининг бири-тетраэдрга мансуб симметрия элементларига бошқа бўлиши мумкин бўлган симметрия элементларини қўйилса, ягона йўналишга эга бўлмаган кристалл шакллари учун ҳосил симметрия элементларининг ҳамма қатори келиб чиқади:

1/ Тетраэдрда тасаввур этиладиган симметрия ўқлари $-4L_23L_2/23/$ бўлиб симметрия элементларининг бу қатори "примитив"- бддий қатори деб қабул қилинади; бунга

2/ Инверсия марказини қўшиб, "марказли" симметрия элемент-

лари каторини ҳосил қилинади, бунда, иккинчи теоремага мувофиқ, иккинчи даражали ўқларга нисбатан перпендикуляр йўналган осимметрия текислиги ҳам бўлачи керак. Натижада $4L_3, 3L_2, 3PC/m3/$ катори язага келади.

3/ Ҳар қайси учинчи даражали ўқлар бўлиб ўтувчи симметрия текислигини ҳисобга олсак, "планаль" симметрия элементлари катори, ҳосил қилинади. Ҳар қайси L_3 устидан ўтувчи симметрия текисликларининг сони учта бўлиши ва шу билан бирга ҳар қайси симметрия текислиги иккита L_3 устидан ўтишини ҳисобга олинган экан, у ҳолда қуйидаги симметрия элементлари катори

$3L_2^4, 4L_3, 6P/4, 3, m/$ келиб чиқади.

4/ Ҳар қайси учинчи даражали ўқ устидан ўтувчи, шу ўқларга перпендикуляр йўналган учтадан иккинчи даражали симметрия ўқлари қўшилса "аксиаль" симметрия элементлари катори ҳосил бўлади. Бунда ҳар қайси L_2 иккита L_3 устидан ўтади ва "примитив" симметрия элементлари каторидаги $3L_2$ бу ўрда $3L_4$ га айланади, натижада симметрия элементларининг бу катори қуйидаги кўринишга эга бўлади: $3L_4, 4L_3, 6L_2, /432/$.

5/ Ниҳоят бу охириги каторга инверсия маркази қўшилса, иккинчи теоремага мувофиқ қуйидагича. "планаксиль" симметрия элементлари катори олинади: $3L_4, 4L_3, 6L_2, 9PC /m3m/$.

Шундай қилиб, симметрия элементларининг табиий кристалларда тасаввур этиш мумкин бўлган 32 каторини қатъи математик асосда кўриб чиқиш. Демак, шу кўриб ўтилган каторларга қандайдир тузатиш киритиш мумкин эмас. Симметрия элементларининг бу 32 катори 1830 йили биринчи марта Гессель томонидан жуда мураккаб усул билан ишлаб чиқилган бўлиб, шунга қўра у ўз даврида кўшилар эътиборидан четда қолиб кетган эди. Кейинчалик 1869 йили шу каторлар рус олими А.В.Гадолин томонидан қайтадан кашф этилиб, бутун дунёга машҳур бўлди. Шунинг унутмаслик керакки, симметрия элементларининг ёқорида санаб ўтилган 32 катори фақат чуқланган геометрик шакллар /кристалл шакллари/ учунгина ҳосилдир.

3. Симметрия кўриниши /класс/ ва сингониялар

Давомида кўриб ўтилган симметрия элементларининг 32 қатори симметрия кўриниши ёки класс деб айтилади. Бoshқача қўлga айтганда симметрия элементларининг тугалланган қаторлари симметрия кўриниши ёки классдир. Симметрия элементлари қаторини синчиктаб қарор эканликте, уларнинг орасида қандайдир ўхшашлик берлигини кўрамиз. Масалан, бу симметрия элементлари қаторларининг қуайли группасида фақат биттадан L_2 бoshқа группасида фақат 3 ёки L_4 бoshқа группасида L_6 бoshқадирки, бу ўқларнинг ҳаммаси ҳам ягона йўналиш билан мос ўтади. Ягона йўналишта эга бўлмаган бoshқа группа кристалл шаклларида $3L_4$ ёки $3L_2$ билан $4L_3$ таққудир.

Симметрия кўринишларининг ўхшашлигига қараб ажратилган группалари – сингония /ўхшаш бурчакли демакитир/ деб айтилади. Бу билан бирга, ҳар қайси сингония ўзига ҳос кристалл шакллари ва кристалларни ташкил этувчи фазовий пацжара элементар ячейкасининг крифаси билан ҳам бoshқа сингония кристалларидан фарқ қилади. Сингонияларнинг ҳаммаси еттига бўлиб, уларнинг номи фазовий пацжара – элементар ячейкасининг – элементар параллелепипедларнинг геометрик хусусиятларига асосланади. Қуйида шу сингонияларнинг номлари санаб ўтилади.

1. Триклин сингония. Номи грекча три-уч ва клин-қийшиқ деган сўзлардан ташкил топган, чунки бу сингония кристалларининг элементар ячейкаси параллелепипедларида қирралар орасидаги бурчакларнинг учтаси ҳам туғри эмас /90° га тенг эмас/.

2. Моноклин сингония /грекча-моно-бир/. Элементар ячейкаси қирралари орасидаги бурчакнинг икkitаси туғри /90°ди/, учинчиси эса 90° га тенг эмас.

3. Ромбик сингония. Бу сингония кристалларининг қўччилигида иккинчи даражали симметрия ўқига тик олинган қўндалиг қисми ҳомо кўринишида бўлганлиги учун шундай ном берилган.

4. Тригональ сингония

5. Тетрагональ сингония

6. Гексагональ сингония

Бу сингити уч сингониянинг номи шу сингония кристалларининг ўзига ҳос симметриялик даражасига қараб берилган.

7. Куонк сингония. Бу сингония кристалларининг элементар ячейкаси куб шаклида бўлади. 2-жадвалда шу сингонияларнинг Ленин ордени Ленинград кон- металлургия институти ва Федоров номидаги кристаллография институти коллективи томонидан ишлаб чиқилган янги номлари берилган. Бу номлар ҳар қайси сингония учун асосий деб қабул қилинган симметрия ўқларини даражасига қараб берилган.

Ўқорида санаб ўтилган сингониялар симметриялик даражасига қараб қуйидагича учта категорияга: I/ симметриялик даражаси паст бўлган категория; II/ симметриялик даражаси ўртача ва III/ симметриялик даражаси юқори бўлган категорияларга бўлинади.

Категориялар ва сингонияларнинг ҳар бири симметрия кўринишлари билан бирга 2-жадвалда кўрсатилган. Бундан қуйидагича хулосага келиш мумкин; Симметриялик даражаси паст категорияга ман суб кристалларда ягона йўналишнинг учта ёки ундан ортиқ бўлиши характерлидир. Шунга кўра, шу категория кристалл шакллари а симметрия элементларининг бўлмаслиги ҳам, бўлиши ҳам мумкин. Мажбу симметрия ўқларининг даражаси иккинчидан ортиқ бўлмағ и; симметриялик даражаси ўртача категория кристалл шаклларида бирдан-бир ягона йўналиш мавжуд бўлиб, у юқори даражали симметрия ўқи билан мос йўналишда ўтади. Демак, шу категория учун ҳос кристалл шаклларида юқори даражали /иккинчидан ортиқ/ битта симметрия ўқининг бўлиши шарт. Симметриялик даражаси юқори категория кристалл шаклларида ягона йўналиш йўқ ва юқори даражали ўқларнинг сони биттадан ортиқ - кўп бўлади.

2-жадвалда келтирилган, ўша ҳисоблаб чиқилган 32 симметрия кўринишнинг номи ва белгилари махсус кристаллография ва минералогияга оид китобларда халқаро миқёсда қабул қилинган кўринишда ёзилади /3- жадвал/. Буларга Грот, Герман-Моген, Шенфлис ва Шубников белгилари дейилади.

Ўқорида симметрия элементларини аниқлаб, улар қаторини Грот томонидан ишлаб чиқилган белгилар бўйича ёзиб бошланган эди.

Герман-Моген белгилари, 3- жадвалда кўрсатилган. Бунда,

А.В.Шубников белгиларида ҳам бақат симметрия ўқларининг, яъни юқри даражалитида бошлаб даражасининг ўзи ёзилади. Иккинчи даражали ўқларининг сони ва шу юқри даражали симметрия ўқлари устидан ўтган симметрия текисликларининг / m / сони ёзилади, chunki буларнинг сони ўша юқри даражали ўқ даражаси сонига тенг 1, 2 ишораси инверсия маркази, 6, 4, 3 ишораси эса инверсион ўқлар мавжудлигини кўрсатади.

Герман-Юген белгиларидаги симметрия текислиги симметрия ўқларига параллель йўналишда ўтган бўлса, рақам ёнида ҳеч қандай ишорасиз ва шу ўққа перпендикуляр ўтса каср чизиғидан кейин $2/m$ каби ёзилади. $2/m$ $2/m$ $2/m$ симметрия кўриниши қисқача m m m шаклида кўрсатилиши мумкин. Бу симметрия кўринишидаги мавжуд $3L_2$ ва C ҳайлан тасаввур этилади. Шунга ўхшаш $4/m$ 3 $2/m$ шаклида ёзилиши лозим бўлган гексооктаэдрик симметрия кўриниши қисқача m 3 m шаклида ёзилиши мумкин. Умуман бундай белгиларда симметрия элементлари ўзининг фазода гўтган ўрнига қараб, кристаллографик ўқлар билан мос қўйиладиганлари биринчи навбатда ёзилади.

А.В.Шубников белгиларида симметрия ўқларига нисбатан перпендикуляр йўналишда ўтган симметрия текислиги қўш нуқтадан /./ кейин ёзилади. Параллель йўналишда ўтган текислик билан ўқнинг даражаси орасига нуқта /./ қўйилади. Рақамлар орасидаги каср изиғи /- / бу симметрия элементларининг бир-бири билан натиғри бурчак / $\angle \neq 90^\circ$ / ҳосил қилиб кесилиши кўрсатади.

Шенфлис белгиларида C_1 , C_2 , C_3 , C_5 ва C_6 каби ёзилган шоралар симметрия кўринишларида / кўрсатилган даражали / биттадан кутубланмаган симметрия ўқлари борлигини билдиради. Шу ўқларга перпендикуляр йўналган симметрия текислиги /горизонталь/ мавжуд бўлса, у шу белгиларга қўшиб C_{2h} ; C_{3h} ; C_{4h} ; C_{6h} каби ёзилади. Натижада ўша симметрия ўқларига параллель йўналган симметрия текисликлари қуйидагича қўшимча v /вертикаль/ индекс билан белгиланади ва C_{2v} , C_{3v} , C_{4v} ва C_{6v} кўриниш ка-би ёзилади. Моноклин сингониядаги ўқриз диэдрик симметрия C_2 кўриниш шаклида ифодаланган. Бундаги $S/Spigeltaxe$ -қағу / симметрия текислиги борлигини кўрсатади. Қутубланган симметрия ўқлари ва унга перпендикуляр йўналган иккинчи даражали ўқларнинг

сонни куйидагича ёзилади: $D/Dieder$ — икки билан иборат деган маъно англатувчи немисча сўз билан ҳамма $D_2; D_3; D_4; D_6$ Ромбик сингониядаги D_2 симметрия кўриниши билан γ шаклида ёзилади. Шу белгиларга n ҳарфининг қўшиш ёзилиши бу классларда ҳам симметрия текиолиги, ҳам иккинчи даражали симметрия ўқлари маъқудлигини англатади. Ромбик сингониядаги D_{2h} билан γ_h каби кўрсатилади.

Тетрагональ-скеленоэдрик ва дитригональ скеленоэдрик класслари D_{2d} /ёки γ_d / ҳам D_{3d} ишоралари билан кўрсатилади. Бунда симметрия текиолигининг симметрия ўқига нисбатан ҳолати /d-diagonal / ҳисобга олинган Σ ва $\bar{3}$ даражали /инверсион/ симметрия ўқли симметрия кўринишлари γ_4 ва γ_6 шаклида тасвирланган.

Шунингдек, кубоэдрик симметрия кўриниши бошқача — γ_4 кўринишида маъқудлигини ҳам мумкин, чунки бунда симметрия маркази билан характерланган пин аксидалъ симметрия кўриниши шаклида ёзилади. Кубик сингония симметрия кўринишлари белгиларида T / тетраэдр / ва O / октаэдр / ҳарфлари иштирак γ_4 ва зарур ўринларда уларга жалбаида кўрсатилгандек n ва 1 ҳарфлари қўшиб ёзилади.

II. КРИСТАЛЛАРНИНГ ГЕОМЕТРИК ШАКЛЛАРИ

Кристаллар бир-бирдан симметриклик даражаси билан симметрия элементларининг тури ва сони билан фарқ қилади. Лекин, кўпинча турли-туман шаклдаги, ташқи қиёфаси-кўриниши бошқа-бошқа бўлган кристаллар ҳам, масалан, октаэдр билан куб турли симметрия элементларига эга бўлади. Шунинг учун ҳам кристалларни геометрик текширишда симметрия элементлари билан қаторда шаклини ҳам ўрганиш зарурияти туғилади.

Эркин ўсётган кристалл ниҳоят ҳар хил ёки бир хил кўринишдаги бир неча ёнлар билан чегараланади. Шунга қараб кристал шакларини содда ёки мураккаб / комбинация / деб айтилади.

Кристаллнинг шакли фақат бир турли ёилардан ташкил топган бўлса, бундай кристаллнинг шакли содда шакл дейилади. Куб, тетраэдр, дширемидалар содда шаклларнинг мисоли бўлади.

Кристаллнинг шакли бир неча хил, турли-туман қўринишдаги ёнлардан ташкил топган бўлса мураккаб шакл / комбинация / дейилади. Масалан, пирамидалар ва призмалар ва ҳ.к. Чунки уларнинг асослари бир хил, пирамида ёки призма ҳосил қиладиган ёнлар эса бошқа хил қўринишга эга бўлади.

Бундан ташқари, содда шакллarning ўзи ҳам икки хил-очиқ ва ёпиқ шакллarga бўлинади.

Кристалл фақат бир хил ёнлар билан чегараланган бўлса, кристаллнинг бир-бирлари билан кесилмайдиган бир хил ёнларини кесилгунча давом эттирилгандан кейин улар кристалл устини ҳар томонлама ўраб келса, бундай ёнлардан тузилган шакли - ёпиқ шакл дейилади. Масалан, куб бир хил олтита тўғри тўртбурчаклик ёнлардан иборат ва бошқалар.

Очиқ шакллар, ёпиқ шакллarning акси бўлиб, буида кристаллнинг бир турли ёнлари кристалл устини ҳар томонлама ўраб келмайди. Шунга ўхшаш бир-бири билан ёندошмайдиган шундай ёнларни бир-бири билан кесилгунча давом этдирганда ҳам кристалл усти бир хил ёнлар билан ўралмайди. Демак, ҳар қандай шароитда ҳам кристалл устини ҳар томонлама ўраб келмайдиган бир турли ёнлардан иборат шакл - очиқ шаклдир. Масалан, призмалар ва пирамидалар. Шу призма ёки пирамидалар ташкил қилувчи ёнлар ўзаро кесилар экан буларнинг асослари очиқ қолади. Шунингдек, буидаги асосларнинг ўзи ҳам ҳар томонлама очикдир. Очиқ содда шакллarning биттасининг ўзи бир бутун кристалл шаклини ҳосил қилолмайди. Бир бутун кристалл шакл ҳосил бўлиши учун очиқ содда шакллarning сони иккита ёки ундан ортик бўлиши керак.

Кристалларда очиқ шакллarning ўзи ҳам, ёпиқ шакллarning ўзи ҳам, очиқ шакллар билан бирга ёпиқ шакллар ҳам комбинациялар / мураккаб шакллар / ҳосил қилиши мумкин. Кристалл шакллarning ҳар бири - кристаллдаги содда шакллarning талқи қиёфасига, шу шакли ташкил этувчи ёнларнинг бир-бирига нисбатан тутган ўрнига ва нуҳоят, буларнинг ўзи эса, шу шаклдаги мажбуд симметрия элементларига боғлиқ. Симметрия қўринишларининг ҳар бири учун ҳос умумий шакллarning ва бўлиши мумкин бўлган /хусусий/ шакллarning ҳаммасини назарий математик йўл билан ҳисоблаб чиқиш мумкин.

Симметрия элементларига нисбатан перпендикуляр ёки параллел йўналган ёки бир хил симметрия элементларини тенг кесмалар ҳосил қилиб кесувчи ёшлардан иборат содда шакллар-хусусий шакллар дейилади. Ҳунийг аксича симметрия элементларига параллель ёки перпендикуляр йўналишда ўтмайдиган ёки шу симметрия элементларида тенг кесмалар ҳосил қўлайдиган ёшлардан иборат содда умумий шакллар дейилади. Кристалларнинг симметрия элементлари билан содда шакллари орасидаги мавжуд боғланиш ҳар қайси сингония ва симметрия қўриқшларининг батафсил таърифида берилади.

Қўида кристалларда бўлиши мумкин бўлган содда шаклларнинг, очик содда шакллардан бошлаб, таърифи берилади.

1. Очик содда шакллар

Моноодр-факат биргина ёшдан иборат содда шакл.

Диодр-иккита бир-бирига тенг, ўхшаш, ўзаро кесишадиган ёшлардан иборат содда шакл.

Пинакиод-иккита бир-бирига тенг, ўхшаш, параллель ёшлардан ташкил топган содда шакл / пинакс-грекча сўз бўлиб, тахта демакдир/.

Призмалар - параллель қирралар ҳосил қилиб кесишадиган уч ва ундан ортиқ ўхшаш ва тенг ёшлардан тузилган содда шакл. Призмалар уч ёшли, тўрт ёшли, олти ёшли бўлади. Бунда биринчи-тригональ призма, иккинчиси- ёшлари орасидаги бурчак 90° бўлса тетрагональ призма ва ёшлари орасидаги бурчак 90° бўлмаса - ромбик призма, учинчиси гексагональ призма дейилади.

Призмаларнинг ҳар қайси ёши ўртасидан кичик қирра бўйича ажралган - иккиланган бўлиши мумкин. Бундай призмаларни аташга ёшларини кўрсатадиган сонга "ди" олд қўшимчиси қўшилади. Иккиланган ёшлардан иборат уч ёшли призма-дитригональ призма деб, тўртта иккиланган ёшлардан тузилган призма-дитетрагональ призма, олтига иккиланган ёшлардан иборат призма-дигексагональ призма дейилади.

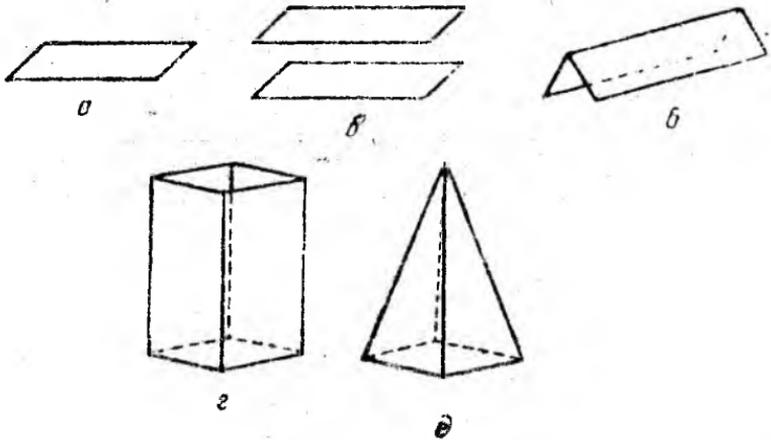
Пирамидалар - қирралари бир нуқтада кесишадиган уч ва ундан ортиқ тенг ва ўхшаш ёшлардан ташкил топган содда шакллар-

дир. Пирамидалар ҳам призмаларга ўхшаш бир неча турли бўлади. а/ тригоналъ /уч ёшли/ пирамида, б/ тетрагоналъ /тўртта ёшли/ пирамида, в/ гексагоналъ /олти ёшли/ пирамида; г/ ромбик/ асоси ромбик кўринишида бўлган /пирамида, д / дитетрагоналъ пирамида, ж/ дигексагоналъ пирамида /20-расм./ дитригоналъ пирамида.

Булар кристалларда учрайдиган содда очик шакллар. Бу шаклларнинг қайси класс ва сингонияларга мансуб эканлиги ўша класслар таврифида кўрсатиб ўтилади.

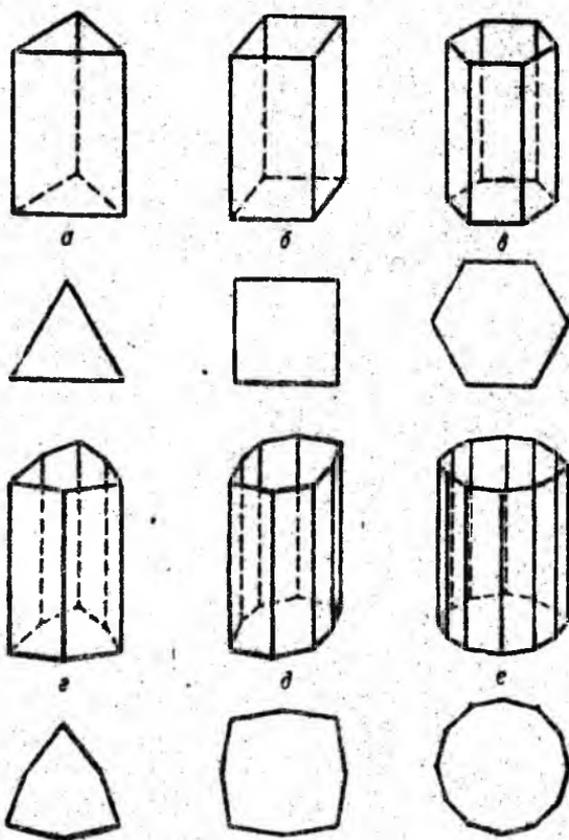
2. Ёпиқ содда шакллар

Ёпиқ содда шакллар фақат бир хил ёшлар билан чекланган бўлиб, улар қуйидагилардир: Дипирамидалар – асослари билан қўшилган тенг ва ўхшаш икки пирамидадан иборат содда шакллардир. Дипирамиданинг ҳам бир неча хил турлари бўлиб, улар пирамида таврифида айтилганидек қуйидагича номланади;



20-расм. Очик содда шакллар.

а – моноэдр; б – диэдр; в – пинакиод; г – ромбик, призмалар; д – ромбик пирамидалар.



20 - расм.

Призмалар. Тригональ /а/; тетрагональ /б/;
 гексагональ /в/; дитригональ /г/; дитетрагональ /д/;
 дигексагональ /е/.

ТРИКЛИН СИНГОНИЯ. Биринчи-моноэдрик симметрия кўринишида ҳеч қандай симметрия элементлари йўқ. Базан унинг симметриклик даражаси I шаклида ёзилади - бу, кристалл шаклининг ҳар қайси элементи шакл 360° га айлантирилганда такрорланмайди, симметрия элементи йўқ, демакдир. Демак, кристаллнинг ҳеч бир ёни симметрия элементлари атрофида қайтарилмайди. Бундан, моноэдрик симметрия кўриниши кристалларида содда шакллардан, фақат моноэдрлар бўлиши мумкин, деган хулосага келинади.

Иккинчи - пинакоидаль I симметрия кўринишидаги мавжуд симметрия маркази "C" кристалл шаклининг ҳар қайси ён аксини қарама-қарши томонга узига тенг ва параллель равишда кўчириб беради. Демак, бу симметрия кўринишида ҳам содда шаклларнинг фақат биттаси - пинакоидлар иштирок этиши мумкин.

Моноклин сингония. 1/ Уқли диэдрик симметрия кўринишида биргина иккинчи даражали симметрия ўқи-2 бўлиши мумкин. Шу билан бўғлиқ равишда бу класс шаклларида симметрия ўқига перпендикуляр йўналган моноэдр, бундан ташқари пинакоид билан диэдр иштирок этади /20-расм/ а/, /б/. 2/ Уқсиз диэдрик симметрия кўринишида биргина симметрия текислиги бўлиб, шунга қўра бу симметрия кўриниши кристалл шаклларида пинакоид ва моноэдр/ симметрия текислигига перпендикуляр йўналган/ ҳам диэдрлар иштирок этади /20-расм, а/, /б/, 3/ Призматик симметрия кўринишида симметрия элементларидан 2/иштирок этади. Кристалл шакли ёнларини шу симметрия элементлари таъсирида такрорланишидан моноэдрик призма ва пинакоидлар юзага келади /20-расм /.

Ромбик сингония . 1/ Ромб-тетраэдрик симметрия кўринишида бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналган учта иккинчи даражали симметрия ўқларини-222 тасаввур этиш мумкин. Ромбик тетраэдр ёпиқ шакл, шу симметрия кўринишининг умумий шакли бўлади /22-расм./ Бундан ташқари ромбик призма ва пинакоидлар ҳам комбинацияда иштирок этиши мумкин. 2/ Ромб-пирамида 2m симметрия кўринишида анча кўп очик содда шакллар комбинациясидан иборат кристаллар бўлади: умумий содда шакллари ромбик пирамида, хусусий шакллари-ромбик призма, пинакоид, диэдр ва моноэдрлардан иборат. 3/ Ромб-дипирамида 3mm симметрия кўринишига мансуб кристалларда фақат жуфт ёнлардан иборат содда шакллар: ромбик дипирамида/саккиз ёнли/, ромбик призма/тўрт ёнли/ ва пинакоидлар /икки ёнли/ комбинацияси иштирок этади. Шу билан бу категория

симметрия кўринишлари орасида ажралиб туради, ҳам осонликча аниқланади.

4. Симметриклик даражаси ўртача категория шакллари

Бу категория кристалл шаклларида биттадан, ягона йўналиш деб айтиладиган йўналиш билан мос ўтадиган юқори даражали симметрия уқлари - 3, 4; 6; $\bar{3}$; $\bar{2}$; $\bar{4}$; ёки 6 бўлиши шарт. Булардан бошқа яна иккинчи даражали симметрия уқлари булар экан улар фақат юқори даражали симметрия уқи билан 90° лик бурчак ҳосил қилиб кесилсади.

Маълумки, бу категория кристаллари қуйидагича: тетрагональ тригональ ва гексагональ сингонияларга ажратилади.

Тригональ ва гексагональ сингония. Бу сингония кристалларида ягона йўналиш 3; 6 ва $\bar{3}$ каби юқори даражали симметрия уқларининг бири йўналиши билан мос келади. Шунинг учун ҳам кристаллнинг ташқи кўрinishи асосий симметрия уқининг даражасига мувофиқ содда шакллариининг ёнлари олтиадан ёки учтадан бўлади. Тригональ ва гексагональ сингонияларининг ўзига хос шакллари ромбоэдр билан дитригональ скаленоэдрлардан иборатдир. Қуйида шу сингониялар симметрия кўринишлари учун хос, бўлиши мумкин бўлган содда шакллар кўрсатиб ўтилади. Бу икки сингония кристаллари даражаси ва содда шакллари билан шу қадар бир-бирига яқин турадики, шунинг учун ҳам улар жуда кўп китобларда битта гексагональ сингония деб қараб, тригональ ва гексагональ деган кичик сингонияларга ажратилади. Қуйидаги шу икки сингония содда шакллари тригональ сингониядан бошлаб, таърифланади.

Тригональ - пирамидаль - 3 - симметрия кўриниши кристалларида тасаввур этиладиган симметрия элементи бирдан бир учинчи даражали симметрия уқидан иборатдир. Шунга қўра бу симметрия кўриниши кристалларида моноэдр тригональ призма ва пирамидалар комбинацияси иштирок этади.

Ромбоэдрлик $\bar{3}$ симметрия кўриниши кристалларида содда шакллардан ромбоэдр, гексагональ призма ва пинакоид комбинациялари бўлиши мумкин /20, 23-расмлар/. Симметрия маркази - С бўлганлиги учун бу симметрия кўринишида, моноэдр ва пирамидалар бўлиши

мумкин эмас.

Дитригональ пирамидаль - 3симметрия кўриниши кристалларида содда шаклларнинг хили анча кўп ва улар очик шакллар бўлганлиги учун фақат комбинациялардагина иштирок этади. Бу шакллар моноэдр, тригональ призма, дитригональ призма, гексагональ призма, тригональ пирамида ва дитригональ пирамидалардир /20-расм/.

Тригональ трапезоэдр - 3симметрия кўриниши. Бу симметрия кўриниши шаклларида қуйидаги содда шакллар комбинацияси бўлиши мумкин: пинакоид, тригональ призма, гексагональ призма, тригональ дипирамида, ромбоэдр. Булардан ташқари, умумий шакли-тригональ трапезоэдр кўринишидаги кристаллари ҳам бўлади /25-расм/.

Дитригональ скаленоэдр - 3симметрия кўринишига мансуб кристалларда қуйидаги содда шакллар: пинакоид, гексагональ призма дигексагональ призма, гексагональ дипирамида, ромбоэдр ва дитригональ скаленоэдр комбинацияда иштирок этиши мумкин /20-расм/.

Тетрагональ пирамидаль - 4 симметрия кўринишида умумий шакли асосий симметрия ўқи - 4 билан кесилган тетрагональ пирамида ва хусусий шакллардан ягона йўналишга перпендикуляр қўйилган моноэдр билан шу йўналишга параллель тетрагональ призма ёнлари комбинациялар ташкил этиши мумкин /21-расм/.

Тетрагональ дипирамидаль - 4/м симметрия кўринишида тўртинчи даражали симметрия ўқини тўғри бурчак ташкил қилиб кесувчи симметрия текислиги - м ёки унинг тенг таъсир этувчиси инверсия маркази орқали шакл ёнларининг такрорланиши натижасида тетрагональ пирамида дипирамидага, моноэдр - пинакоидга айланади, призма эса ўз ҳолича қолаверади /20, 21 расм/. Демак, бу симметрия кўриниши кристалларида умумий шакл - тетрагональ дипирамида, хусусий шакллардан пинакоид ва тетрагональ призмалар иштирок этади.

Дитетрагональ пирамидаль - 4шм симметрия кўринишида, маълумки тўртта симметрия текислиги кесилган тўғри чизик асосий тўртинчи даражали симметрия ўқи йўналиши билан мос келади. Демак, тетрагональ пирамида ва призма ёнлари иккиланган, асоси дитетрагон шаклида бўлади. Асосий ўқ - ягона йўналишга перпендикуляр

Утувчи симметрия текислиги ёки иккинчи даражали симметрия уқ-лари бўлмаганлиги учун, бу симметрия кўриниши кристалларининг икки учи бир-бирига ўхшамайди. Шу ва бунга ўхшаш икки учи бошқа бошқа кўринишга эга бўлган шакллари - гемиморф шакллар дейилади. Юқори даражали уққа перпендикуляр утувчи симметрия текислиги - m ёки иккинчи даражали симметрия уқ. - 2 бўлмаган ҳар қандай симметрия уқининг йўналиши - қутбли йўналиш дейилади. Демак, бу симметрия кўриниши кристаллари, биринчидан - гемиморф иккинчидан - қутбли йўналишга эгалар. Бунда бўлиши мумкин бўлган содда шакллар: дитетрагональ пирамида - умумий шакли, хусусий шакллари-моноэдр, тетрагональ призма, дитетрагональ призма ва тетрагональ пирамидалардир /20, 21 расмлар/.

Тетрагональ трапецоэдр - 422 симметрия кўринишида асосий симметрия уқига перпендикуляр йўналган тўртта 2 иккинчи даражали симметрия уқи борлиги тўғрисида, и симметрия текислиги билан боғланмаган бўлса ҳам, кристаллнинг икки учи бир хил кўринишда бўладики, натижада трапецоэдрлар деб айтиладиган содда шакллар ҳосил бўлади. Трапецоэдрлар энантиморф шакллар бўлганлиги учун чап /сўл/ ва унг /бир-бирига тенг ва биринчиси иккинчисининг ойнадаги аксидек/ кўринишларда бўлади. Бу симметрия кўринишида умумий шакл - трапецоэдрлардан ташқари хусусий шакллардан пинакоид, тетрагональ призма, дитетрагональ призма ва тетрагональ дипирамидалар ҳам иштирок этади.

Дитетрагональ дипирамидалар - 4mm симметрия кўринишида асосий симметрия уқига перпендикуляр ва параллель / тўртта/ симметрия текисликларининг қўшилиши билан шуларнинг тенг таъсир сир этувчиси тўртта иккинчи даражали симметрия уқи - 2 ва инверсия маркази C ҳам юзага келади. Шунга қўра бу симметрия кўриниши кристалларида симметриялик даражаси анча юқори бўлган шакллар дитетрагональ дипирамида, тетрагональ дипирамида, дитетрагональ призма, тетрагональ призма ва пинакоид каби содда шакллар комбинацияси бўлиши мумкин.

Тетрагональ тетраэдр - 4 симметрия кўринишидаги кристалларда, шу мавжуд симметрия элементларида мувофиқ, тетрагональ тетраэдр, тетрагональ призма ва пинакоидлар каби содда шакллар бўлиши мумкин /20- расм./

Тетрагональ скаленоэдр - 4 2m симметрия кўринишидаги крис-

талларда содда шакллардан тетрагональ скаленоэдр, тетрагональ тетраэдр, тетрагональ дипирамида, тетрагональ ҳам дитетрагональ призма ва пинакоидлар иштирок этиши мумкин.

Гексагональ сингония. Бу сингония кристалл шакллари мавжуд 6 ёки 6 симметрия уқлари билан тригональ сингония кристаллари шаклидан фарк қилади. Улар қуйидагилардан иборат.

Гексагональ пирамида - 6 симметрия қурилишига мансуб кристалларда содда шакллардан моноэдр, гексагональ призма ва гексагональ пирамидалар иштирок этади.

Гексагональ дипирамида - 6/м симметрия қурилиши кристалл шакллари пинакоид, гексагональ призма ва гексагональ дипирамидалардан иборат комбинация қўлида бўлади.

Дигексагональ пирамида - 6/м симметрия қурилишида пинакоид, дигексагональ призма, гексагональ призма, дигексагональ пирамида ва гексагональ пирамидалар комбинация ҳосил қилувчи содда шакллардир.

Гексагональ трапецоэдр - 622- симметрия қурилиши кристалларида пинакоид, гексагональ призма, гексагональ дипирамида ва гексагональ трапецоэдр каби содда шакллар учрайди.

Дигексагональ-дипирамида - 6мм - симметрия қурилиши пинакоид, гексагональ призма, дигексагональ призма, гексагональ дипирамида ва дигексагональ дипирамидалардан иборат комбинациялар ҳосил қилади.

Тригональ дипирамида - 6 симметрия қурилиши кристалларида иштирок этадиган содда шакллар аңча кўп бўлиб, улар - пинакоид, тригональ призма, дитригональ призма, гексагональ призма, тригональ пирамидалардан иборатдир.

Дитригональ-дипирамида - 6 м 2 симметрия қурилишида учрайдиган содда шакллар пинакоид, тригональ призма, гексагональ призма, тригональ дипирамида, дигексагональ дипирамида, дитригональ призма, дигексагональ призмалардан иборат.

5. Симметриклик даражаси юқори категория шакллари

Маълумки, бу категория бирдан-бир кубик сингонияни ўз ичига олади. Юқорида қўрсатиб ўтилганидек кубик сингония ўзига хос содда ёпиқ шаклларга эга бўлиб, паст ва ўрта категория крис-

таллари учун таърифи берилган содда шакллар мутлақо қўринмайди. Демак, бу сингония кристалларининг мураккаб / комбинация / шаклларида ҳам фақат содда ёни шакллар иштирок этади.

Булардан ташқари, симметрия даражаси юқори категория кристалларида тасаввур этиладиган юқори даражали симметрия уқларининг сони кўп, яъни $3L_4$ ёки $3L_2$ билан $4L_2$ бўлиши шарт эканлиги ҳам уз урнида кўрсатиб ўтилган эди. Шунга мувофиқ кристалл шаклининг ҳар бир ёни шу симметрия уқлари атрофида муайин тартиб билан такрорланар экан, уларнинг сони кўп бўлиши кераклигини тасаввур этиш қийин эмас.

Пентагон тритетраэдрик - 23 симметрия қўринишида гексаэдр / куб /, ромбододекаэдр, пентагон додекаэдр билан бирга тетраэдр / кубик / ёнларининг учланишидан юзага келадиган - тригон тритетраэдр, тетрагон тритетраэдр ва пентагон тритетраэдрлар иштирок этади. Бу симметрия қўринишида фақат симметрия уқларининг ўзи бўлганлиги учун булар орасида энантиморф шаклларнинг ҳам бўлиши мумкин. Пентагон тритетраэдр шундай шакл бўлиб, чап ва ўнг қўринишларида бўлади / 7-б расм. /

Дидокаэдрик - $m3$ симметрия қўриниши кристалларида гексаэдр / куб /, ромбик-додокаэдр, пентагон-додокаэдр, октаэдр, тетрагон триоктаэдр, тригон-триоктаэдр билан бирга пентагон додекаэдр ёнларининг иккиланишидан ҳосил бўлган дидодекаэдрлардан иборат содда шакллар иштирок этади / 27 / д / расм. /

Гексатетраэдрик - $\bar{4}3m$ - симметрия қўринишида гексаэдр / куб /, ромбик-додокаэдр, тетрагексаэдр, тетраэдр, тригон тритетраэдр ва гексаэдрлар комбинацияси бўлиши мумкин / 26, 27-расмлар /.

Пентагон триоктаэдик - 432 симметрия қўриниши кристалл шаклларида содда шаклларидан гексаэдр / куб /, ромбододекаэдр, тетрагексаэдр, октаэдр, тетрагон-триоктаэдр, тригон-триоктаэдр, пентагон-триоктаэдрлар бўлиши мумкин. Булардан пентагон-триоктаэдр энантиморф шакл бўлиб, чап ва ўнг қўринишларида учрайди / 26, 28-расмлар /.

Пентагон триоктаэдрик - 432 - симметрия қўриниши кристалл шаклларида содда шакллардан гексаэдр / куб /, ромбододекаэдр, тетрагексаэдр, октаэдр, тетрагон триоктаэдр, тригон триоктаэдр, пентагон триоктаэдрлар бўлиши мумкин. Булардан пентагон-триоктаэдр энантиморф шакл бўлиб, чап ва ўнг қўринишларида учрайди

/26, 28- расмлар/.

Гексаоктаэдр - энг симметрия куруниши симметрилик даражаси энг юкори булган кристалл шаклларини үз ичига олади. Уларнинг умумий шакли-гексаоктаэдр булиб, хусусий шакллари - гексаэдр / куб/, ромб-додекаэдр, тетрагексаэдр, октаэдр, тетрагон-триоктаэдр ва тригон-триоктаэдрлардан иборат /26, 28-расмлар/.

Шу, маълум, умуман кристалларда булиши мумкин булган геометрик содда шакллари симметрия элементларига, яъни симметрилик даражасига қараб, қайси категория, қайси сингония ва қайси симметрия курунишига мансуб эканлигига асосан тартиб билан курсатиб утилади. Лекин, бу ўринда табиий ва сунъий химиявий бирикмаларнинг кристалл шакллари, мисолга келтирилмади.

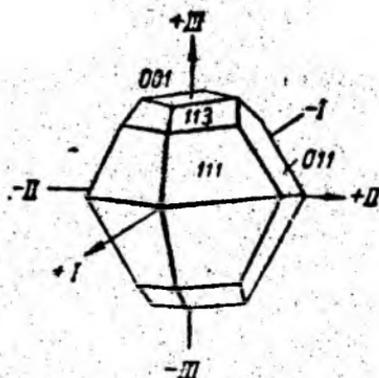
Пентагон-тритетраэдрларнинг чап ва унғ курунишини аниқлаш учун, шаклнинг икки учидан-учинчи даражали симметрия ўқлари учидан икки бармоқ билан ушлаб, қиррасини қузатувчи ўзига қаратиб қўяди. Бунда шу қирра учга синиқ чизиқдан иборат булиб қўрилади. Агар қирранинг энг пастки қисми ўнғга қараган бўлса-ўнғ, чапга қараган бўлса- сўл пентагон - тритетраэдр ёки сўл трапецоэдр дейилади /7-расм /.

Пентагон - триоктаэдрларда чап ва унғ курунишларни аниқлаш учун учга тўртинчи даражали симметрия ўқларидан бири перпендикуляр, иккинчиси қузатувчига параллель ва учинчиси - қузатувчига қаратиб қўйилади, бунда кристаллнинг юкори қисмида учга синиқ чизиқдан иборат қирра қўрилади. Агар шу қирранинг юкори-ги биринчиси ўнғга қараган бўлса-ўнғ ва чапга қараган бўлса-сўл пентагон-триоктаэдр дейилади.

6. Комбинация ва унда иштирок этадиган содда шакллари аниқлаш

Комбинациялар бир неча хил ёнлар билан чегараланган кристалл шакллариدير. Уларни бири иккинчиси билан кесишадиган бир неча содда шакллар йиғиндисидан иборат деб қараш мумкин /29-расм /.

Комбинацияларни қандай содда шакллардан ташкил топганлигини аниқлаш учун аввало, ёнларининг неча хил эканлигини ва шу



29- расм. Комбинация.

Призма /011/; дигипирамида
/113/, /111/; пинакоид /001./

ҳар бир хил ёнларни нечтадан эканлигини санаб чиқилади. Ҳар бир турли ёнларнинг симметрия элементларига ҳам бирининг иккинчисига нисбатан тутган ўрни аниқланади ва ўзаро кесилмайдиган ўхшаш ёнлар ҳаёлда бир-бири билан кесилиб қирралар ҳосил қилгунча давом эттирилади. Шундан кейин қандай шакл ҳосил бўлиши мумкинлиги кўз олдига келтирилади.

Комбинацияларда иштирок этадиган содда шакллارни аниқлашда қуйидаги шартларга риоя қилинади:

1. Кристаллнинг комбинациядан иборат бўлган шаклида ёнларнинг тури қанча бўлса, бу комбинацияда иштирок этувчи содда шаклларнинг сони ҳам шунча бўлади.

2. Бир-бири билан кесилмайдиган ёнларнинг бирини иккинчиси билан кесилгунча давом этдириш натижасида тасаввур қилинадиган шакл бутунлай бошқача, ўзининг аввалги қиёфасига ўхшамайдиган кўринишга эга бўлиб қолиши мумкин.

3. Комбинациялар очик шаклларнинг ўзидан ёки ёпиқ шаклларнинг ўзидан шунингдек, очик шакллар билан ёпиқ шаклларден ташкил топган бўлиши мумкин.

4. Очик шакллар фақат комбинациялардагина иштирок этади, яъне очик шаклнинг ўзи ҳеч қачон бутун кристалл шаклини ҳосил

қила олмайдү.

5. Комбинацияларни қандай содда шакллардини ташкил топганини аниқлашда шу содда шакллардаги ўқшаш ёнларининг сонини би-лиш доимо кифоя қилавермайди. Бир ҳил сонга эга бўлган ёнлар ҳар ҳил шакл ҳосил қилиши мумкин. Масалан; гексагоналъ - олти ёнли призма /ёнлари орасидаги бурчаклари 60° / ва дитригоналъ тикчиланган уч ёнли призма / ёнлари орасидаги бурчаклари 60° эмас/, буларнинг иккаласи ҳам олти ёнли бўлишига қарамасдан симметри-лик даражаси ҳам бошқача бўлган алоҳида-алоҳида шакллардир. Бун-дай ҳол кубик сингонияда яна ҳам яқинроқ кўринадү.

Кристаллар шаклини умуман ўрганиш куйидагича тартиб билан олиб борилади.

1. Биринчи радда кристаллнинг симметрия элементлари аниқла-ниди ва аввало юқори даражали ўқлар, сўнг паст даражали ўқлар ёзилади, кейин симметрия текислиги, ундан кейин эса инверсия маркази ёзилади.

2. Текшириб аниқланган симметрия элементларига асосланиб, шаклнинг қайси класс ва қайси сингонияга мансуб эканлиги ёзила-ди.

3. Берилган кристалл шаклидаги ёнларининг неча турли экан-лигига қараб, ундаги содда шаклларнинг сони аниқланади.

4. Ҳар бир турли ёнларнинг сони ва уларнинг симметрия эле-ментларига бўлган муносабатини ўрганиб, шу ёнлар ташкил қилади-ган содда шаклларнинг ҳар бирига алоҳида-алоҳида ном берилади. Бундай иш тартибини, мисол учун оддий куб шаклида кўрсатиш мум-кин:

5. Класс-симметрия кўринишининг Герман-Моген бўйича белги-лари, аввало жаъвалдан қараб, кейинчалик, геометрик мулоҳазалар-га асосан ёзилади.

1. Симметрия элементлари: $3L_4$ $4L_3$ $6L_2$ 9σ

2. Сингонияси кубик /3-жаъвал/, симметрия кўриниши - гекса-октаэдрик.

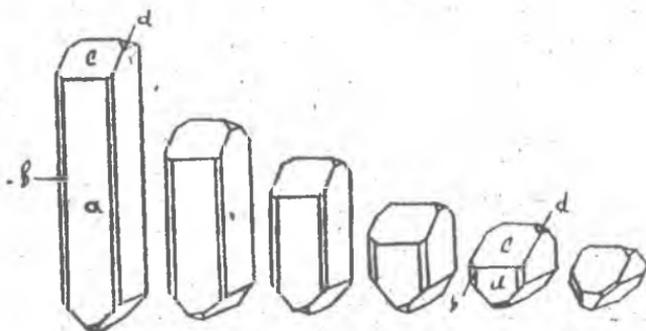
3. Ёнлари тўғри тўртбурчаклик, квадрат кўринишида, бирҳил-содда ёниқ шакл. Кристалл ёнларининг сони олтига, бир-бири билан тўғри бурчак ҳосил қилиб кесишади.

4. Шунга қара бу шакл куб - гексаэдр бўлади.

5. мзм ; 3-жадвалдан олинади.

III. Бутун соғлар қонуни ва кристаллографияк белгилар /символлар/.

Мураккаб шаклли кристалларни ўрганганда уларнинг симметрия элементларини ва қандай содда шакллардан таркиб топилганлигини аниқлаш билан бирга, шу содда шаклларнинг ўзаро бирининг-иккинчисига ва симметрия элементларига нисбатан тутган ўрни-ҳолатини ҳам аниқлаш талаб этилади. Бундай маълумотга эга бўлмасдан туриб, кристалл шаклини ташкил этувчи содда шаклининг немига қараб, уларнинг ташқи кифаси ҳақида тўлиқ тасаввурга эга бўлиш мумкин эмас. Бир хил симметрия кўринишига эга бўлган ва бир турли содда шакллардан ташкил топган, лекин ташқи кўриниши бутунлай бошқача бўлган кристалл шаклларининг жуда кўп мисолини кўриш мумкин. 30-расмда кўрсатилган шаклларни ўзаро таққослаб, шу дикриси тасдиқловчи хулосага келиш мумкин.



30 - расм.

Кристалларнинг кифаси бошқа-бошқа, лекин симметрия элементлари ва геометрик шакллари бир хил /ромбик призма /a, b/ ромбик тетраэдр /c, d /.

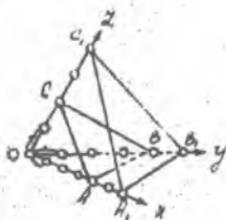
Кристалл шаклларида иштирок этаётган содда шаклларни бир-бирдан фарқ қилиш учун, лени уларни бир-бирига нисбатан тутган ўрнини, шунингдек симметрия элементларига нисбатан қандай қой-

лашганлигини аниқлаш учун кристаллографик ўқлар ва кристаллографик белгилар / символлар / деган тушунчалардан фойдаланилади. Бу тушунчалар Франциялик олим Рене Жост Аои томонидан кашф этилган кристаллографиянинг иккинчи асосий қонунига асосланади.

I . Бутун сонлар қонуни.

Минералогия ва кристаллография профессори Р. Ж. Аои кристалларнинг структураси – ички қонуний тузилиши соҳасидаги тушунчалари ва кальцит кристалли устида олиб борган кузатишлари натижасида кристаллар параллелипедлар шаклидаги заррачалардан ташкил топган деган фикрга келади. Шу назарияга асосланиб, у бутун сонлар қонуни ёки "рациональ нисбатлар қонуни" деб ном олган қонунни яратди. Бу Р. Ж. Аои қонуни шундай баён этилади: Кристаллнинг бир нуктада тўқнашувчи қирраларини кесиб ўтган иккита параллель эмас ёнининг шу қирралар бўйичча олинган параметрларини қўш нисбати доимо бутун ва кичик-сонлардир.

Тушуниш осонроқ бўлиши учун учта бир нуктада тўқнашадиган қирраларни математикада қўлланадиган координата ўқлари билан мос равишда x, y, z каби белгилаймиз. Кристаллнинг танланган икки ёни шу ўқларни муайян кесмалар ҳосил қилиб ўтади /ЗГ-расм / Кристаллнинг биринчи ёни ABC координата x, y, z ўқлари бўйичча OA, OB, OC кесмаларини ҳосил қиладики, бу шу ённинг параметрларидир;



ЗГ - расм.

Бутун сонлар қонуни. A, B, C, ёнлари параметри: OA, OB, OC, ABC ёнлари параметри; OA_1 ; OB_1 ; OC_1 .

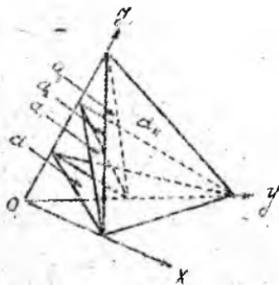
$$\frac{OA_1}{OA} : \frac{OB_1}{OB} : \frac{OC_1}{OC} = p, q, r \quad \text{бутун кичик сон.}$$

иккинчи ёни ABC ҳосил қилган шундай $- OA_1, OB_1, OC_1$ иккинчи ён параметрларидир. $OA_1 : OB_1 : OC_1$ - биринчи ён ва $OA:OB:OC$ - иккинчи ён параметрларининг ўз ара нисбати бўлиб, бу нисбетларнинг қилмати одатда, иррациональ каср сонларга тенг. Лекин, юқорида таъриф этилган ҳолда кўра шу параметрларнинг қўш нисбати $\frac{OA}{OA_1} : \frac{OB}{OB_1} : \frac{OC}{OC_1} = p : q : r$ бутун ва кичик /кэмпин-кам 10 дан катта/ сонлардир.

Маълумки, юқорида x, y, z - координата ўқлари билан мос кўйилган кристалларнинг қўралари фазовий панжара каторлари билан бир-бирига мос бўлади. Кристаллнинг ABC ва $A_1 B_1 C_1$ ёнларининг ўзаси эса фазовий панжаранинг текис тўрларидир. Шундай экан, кристалл ёнининг ҳар қайси қўра, ўқи /координата ўқи/ бўйича олинган параметри қолдирғиз бутун сонга бўлинувчи умумий ўлчов бирлигига эга бўлади.

Рентген нури кашф этилмасдан, кристаллнинг ички тузилиши қонуниятлари батафсил текширилмасдан аввал, таҳминларга асосланиб кашф этилган бу қўрун ҳозиргача ўз моҳиятини кўзритган эмас.

Кристалл шакллариини белгилەв-символларини аниқлаш билан бир каторда кристаллнинг эҳтимоллий, бўлиши мумкин бўлган ёнларини назарий тасаввур этиш ҳам шу қўрунга асосланади. Бунинг учун кристаллнинг қандайдир ён текислигини ташлаб олиб шу ён билан параметрларнинг қўш нисбати бутун кичик сон қилматига тенг бўлган бошқа ённинг қандай ўтишини ҳисоблаб чиқиш ва тасаввур этиш мумкин. 32- расмда $a, a_1, a_2, a_3 \dots$



мана шундай бўлиши мумкин бўлган эҳтимоллий ёнлардир, чунки улар параметрларининг қўш нисбати $2:2:1, 2:2:2, 2:2:3, 2:3:3$ шаклида бўлиб, яъни ўттизган қўрун билан мос келади.

32 - расм. a_1, a_2, a_3 ; a -эҳтимоллий ёнлар.

2. Кристалл ёнларининг белгилари /символлари/.

Кристалл ёнларининг ҳазидаги ҳолатини аниқ белгилаб берадиган сонлар индекслар ёки белгилар - символлар деб аталади.

Кристалл ёнларининг белгиларини - символларини аниқлашда кўп усуллардан фойдаланиш мумкин. Фойдаланиш учун қулай ва кўпроқ қўлланиладиган бўлганини учун кўйида миллер символлари тўғрисида гап боради.

Миллер символларини ҳосил қилиш учун Р.Л. Аюи қонуни учун тузилган нисбатининг акси олинади, яъни биринчи ён параметрларини иккинчи ён параметрларига нисбати олинади. Индексларни ҳосил қилувчи ҳар бир сон Миллер томонидан 1839 йили "индекслар" деб аталган. Бунда OA_1 , OB_1 ва OC_1 бирлик ўрнида қабул қилинган ягона ён параметрларидир.

$$\frac{I}{\frac{OA}{OA_1} : \frac{OB}{OB_1} : \frac{OC}{OC_1}} = \frac{OA_1}{OA} : \frac{OB_1}{OB} : \frac{OC_1}{OC} = h, k, l$$

A , OB ва OC символлари аниқлашиши лозим бўлган ён параметрлари.

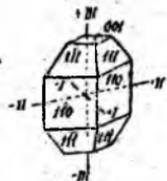
Кристалл ёнларини белгилаш учун аввало бирлик деб қабул қилиш мумкин бўлган ягона ён билан кесилмайдиган учта бир нуқтадан ўтайдиган қирралар билан /ёқориди координата ўқлари деб қабул қилинган / мос йўналтиш - кристаллографик ўқлар танланади ва уларнинг бири X , қузатувчи томон йўналган; иккинчиси $-y$, қузатувчисига параллел; учинчиси $-z$, вертикаль йўналган тарзда қўйилади. Кристаллографик ўқларнинг кесилган нуқтасидан олдинги, ўнг ва устки томондаги ўқлари мусбат, қарама-қарши ўқлари эса манфий ишора билан белгиланади.

Кристалл ёнларининг ҳолатини белгилашда шу ён параметрлари нисбатини шу ённинг кристаллографик ўқлар устида ҳосил қилинган кесмаси нисбати билан ҳам аниқланади. Кристалл ёнларининг X ўқи бўйича кесмаси $-a$, y ўқи бўйича кесмаси $-b$ ва z ўқи бўйича кесма $-c$ билан белгиланади. Уларнинг нисбати эса $a:b:c$ шаклида ёзилади.

Демак, кристалл ёнлари ҳолатини аниқ тасаввур этиш учун аввало кристаллографик ўқларни танлаш, улар орасидаги бурчакларни бириктириш ва шу ённинг кристаллографик ўқлар устида ҳосил қилган кесмалари нисбатини аниқлаб олиш керак бўлади. Бунга кристаллларни ўр-

натиш деб айтилади.

33- расмда кристаллографик ўқларнинг ҳолати ва улар орасидаги бурчакларнинг белгиланиши кўрсатилган бўлиб, қуйида буларни тадқиқ этилишига оид масалалар келтирилган.



33-расм. 1-пирамидаль ён /III/; 2-призматик ён /IIО/; 3-пинакоидаль ён /ООI/

Кристаллнинг берилган ёни x, y ва z ўқларини кесиб, мос равишда $a:b:c$ кесмалар нисбатини ҳосил қилар экан, бундай ённинг симметрия элементлари атрофида такрорланиши пирамида ҳосил қилади, шунга кўра шу пирамидаль ён деб айтилади.

Шу ён ҳосил қилинган қўлматининг биронтаси катталаша бориб, чексиз қўлматга тенг яъни, масалан $a:b:c = \infty : \infty : \infty$

бўлиб қолар экан, u ҳолда бу ённинг симметрия элементлари атрофида такрорланиши призма ҳосил қилади ва бундай ён призматик ён деб айтилади.

Кристалл ёнларини бирортаси кристаллографик ўқлардан иккитаси бўйича чексиз қўлматга тенг кесмалар ҳосил қилиб, яъни $\infty : \infty : c$ каби нисбатлар ташкил қилиб кесилар экан, бундай ёнлар - пинакоидаль ёнлар деб айтилади.

Бундан ташқари шу ёнлар ўзининг кристаллографик ўқларга нисбатан тутган ўринга қараб ҳам турлича бўлиши мумкин. Масалан: Вертикаль призматик ён x ўқига параллель X ва Y ўқларини кесиб ўтади.

Буйлама /кўңдаланг/ призматик ён - X ўқига параллель Y ва Z ўқларини кесиб ўтади.

Ёнлама призматик ён - Y ўқига параллель X ва Z ўқларини кесиб ўтади.

Базалинакоид /биринчи тартибли пинакоид/ Z ўқини кесиб, x ва y ўқларига параллель ўтади.

Ёнлама пинакоид /иккинчи тартибли пинакоид/ Y ўқини кесиб, x ва Z ўқларига параллель ўтади.

Олдинги пинакоид /биринчи тартибли пинакоид/ x ўқини кесиб, Z ва Y ўқларига параллель ўтади.

Демак, координат ўқларидан сиронтасига параллель ўтган кристалл ёнининг шу ўқ бўйича ҳосил қилган қесмаси чексиз қим-
матга эга бўлиб, унинг индекси Ҳиллер бўйича 0 га тенг бўлади.
Шунинг учун, призматик ёнлар қуйидагича индекслар: /110/ ва
/110̄/, /101/ ва /101̄/, /011/ ва /011̄/; пинакоидларнинг ёнлари
/001/, /010/ ва /100/ каби индекслар билан белгиланади. Кристалл
ёни координата ўқларининг маъний учларини кесиб ўтар экан, шу ён
индексларига маънийлик шораси /-/- қўйилади.

Кристалл ёнлари индексини кристалл шакли индексларидан
фарқ қилиши маъсадғида биринчилари олдий қавс ичига, иккинчи-
лари эса катта қавс ичига олинади ва қуйидагича: кристалл ёнлари
символри /Ш/, кристалл шакли симболи {Ш} кўринишида ёзилади.

3. Кристаллографик ўқларни танлаш

Юқорида келтирилган тушунчалардан маълум бўладики, кристалл
ёнларининг символлари шу кристалл учун танлаб олинган кристалло-
график ўқлар йўналишига боғлиқ бўлиб, танланган ўқлар йўналиши-
нинг ўзгариши билан мос равишда кристалл ёни символларини турли
ча ўзгариш мумкин. Ҳақиқат мана шундай хилма-хилликка йўл қўйилмаслик
маъсадғида кристаллографик ўқларни танлаш учун қабул қилинган
умумий тартиб бор. Бу тартибни қўйинча кристалларни ўрнатиш
/кристаллографик ўқларга нисбатан қўйиш/ тартиби ёки усуллари
деб айтилади.

Кристаллларнинг ҳар бири учун танлаб олинган кристаллогра-
фик ўқларнинг йўналиши ва шу йўналишлар орасидаги бурчаклар, ни-
ҳоят кристалл ёнининг шу ўқлар устида ҳосил қилган қесмаси ҳам,
ҳар қайси сингония кристаллари учун ҳосил тартибда бўлади. Синто-
ния деган номнинг ўзи ҳам мана шу кристаллографик ўқлар йўналиши
орасидаги бурчакларнинг ўлчамлигидан олинган бўлиб, ўлчам /тенг/
бурчакли деган маънони беради.

Кристаллографик ўқлар орасидаги бурчаклар α / α_{102} /;
 β / β_{102} /; γ / γ_{102} / каби грек ҳарфлари билан белгиланади.

Кристаллографик ўқларни танлаш симметриялик даражаси паст
ва юқори категория, шунингдек, тетрагональ сингония кристалл
шаклида бошқача, тригональ ва гексагональ сингонияга мансуб

кристалл шаклларида эса янада бошқачароқдир. Бу сингониялар кристалл шаклларида кристаллографик ўқларни танлаш анча мураккаб.

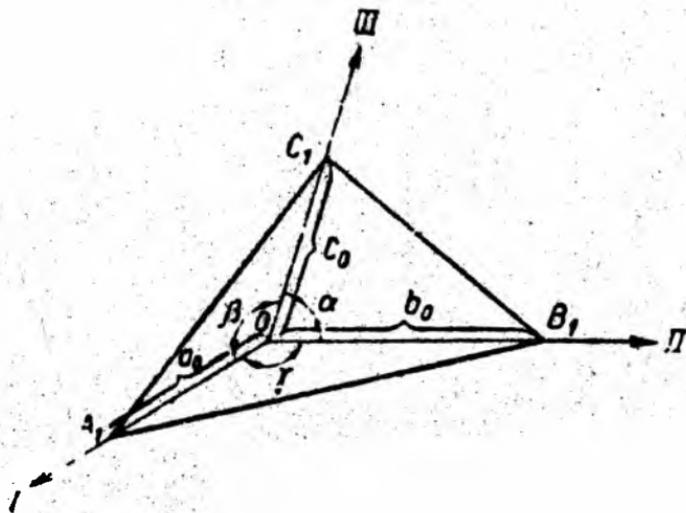
I. Симметриклик даражаси наст катогориа кристалл шакллари учун координата ўқларини танлаш.

Мавдугки, триклин сингонияда, шу сингонияга мансуб кристалл шаклларида симметрия элементларидан фақат биринчи даражали симметрия ўқи -I билан инверсия маркази I бўлиб, йўналиши кристаллографик ўқлар билан мос келадиган симметрия элементларини топish мумкин эмас. Шунга кўра кристаллографик ўқларнинг йўналиши тўғри бурчак /90°/ га яқин бурчак билан кесилувчи, бир текисликда ётмайдиган учта қирралар йўналиши билан мос қўйилади. Шу билан бирга ўша учта кристаллографик ўқларни кесиб ўтадиган ҳар қандай ён ягона ён бўлади. Бунда кристаллографик ўқлар орасидаги бурчак юқорида айтилганидек 90° га тенг бўлмайди, яъни $\alpha \neq 90^\circ$; $\beta \neq 90^\circ$; $\gamma \neq 90^\circ$. Бу сингонияни триклин /три-уч, клинкйиш/ деб айтилишининг ҳам сабаби шундадир.

Ягона ённинг танланган кристаллографик ўқлар бўйича ҳосил қилган кесмалари: OX ўқи бўйича a_0 , яъни OY ўқи бўйича - b_0 z ўқи бўйича c_0 кесмалари ҳам бир-бирига тенг эмас, яъни $a_0 \neq b_0 \neq c_0$. Бу тенгсизликдаги $b_0 = 1$ деб қабул қилинган ва у $a : 1 : c_0$ нисбати шаклида ёзилади.

Демак, триклин сингония кристалл шакллариини ўрганишда бешта қийматини - $\alpha ; \beta ; \gamma$ бурчаклари ва a_0 билан c_0 кесмалари узунлигини / b_0 га нисбатан/ аниқлаш керак /34-расм./.

Моноклин сингония кристалл шакллари учун кристаллографик ўқларни танлаш. Бу сингония шаклларида тасаввур этиладиган иккинчи даражали симметрия ўқи 2 ёки m симметрия текислигига перпендикуляр йўналиш иккинчи кристаллографик ўқ, яъни Y ўқи йўналиши билан мос қўйилади. Қолган ўқлар, яъни X билан Z ўқи иккинчи даражали симметрия ўқига перпендикуляр ёки симметрия текислиги устида, шу текисликка параллель, кристаллнинг мавжуд ёки бўлиши мумкин бўлган қирраларига мос йўналишда танланади. Шундай танланган ўқлар орасидаги бурчаклар: $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$



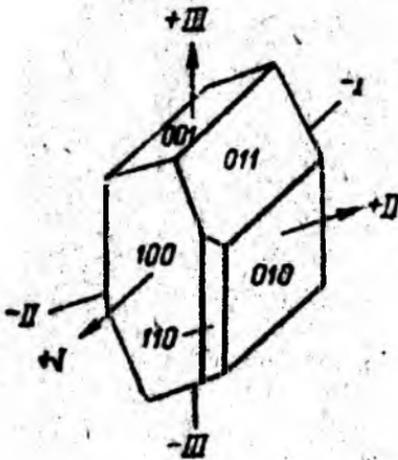
54 - расм.

Триклин сингония кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш

бўлади. Шунга кўра бу сингония моноклин /моно-бир, клин-қийшик, бир ўқи қийшик/ дейилади. Ўгона ённинг ўқлар устида ҳосил қилган кесмаси бир-бирига тенг эмас: $a \neq b \neq c$.

Кейинги пайтларда 2-симметрия ўқи z билан мос қўйила бошланди. Шу усул билан қўлланилганда призма ёки диэдр ёнларидан сирри ўгона ён деб қабул қилинади.

Рембик сингония кристалли шаклларида кристаллографик ўқларни танлаш учун шу сингония кристалли шаклларида тасаввур этилган учта иккинчи даражали симметрия ўқи йўналишини кристаллографик ўқлар йўналиши билан мос қўйилади. m ва n 2-симметрия кўринишида иккинчи даражали симметрия ўқи z билан мос қўйилади, иккита симметрия теңислигига перпендикуляр равишда биринчи ва иккинчи

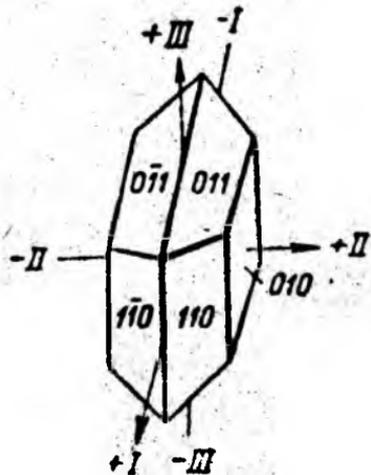


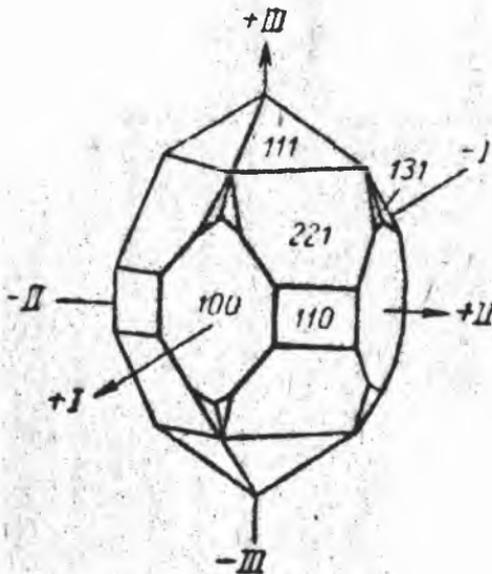
35 - расм.

36 - расм. Ромбик сингония кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш.

/X ва Y/ кристаллографик ўқлар танланади. Мавлужси, шу сингония кристалларида 2 2 2 ва $m \ m 2$ симметрия элементлари ўзаро туғри бурчак ҳосил қилиб келинади. Демак, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Ромбик пирамида, динпирамида ёки тетраэдр ёнларидан бири ягона ён деб қабул қилинади. Ягона ённинг координата ўқлари бўйича ҳосил қилинган кесмаси a_0 : I : c_0 бир-бирига тенг эмас, яъни $a_0 \neq c_0$.

Бундай кристаллар шаклининг қўида қўидалани кесими, ёки асоси ромб қиёфасида бўлади, ва аунга кўра бу сингония ромбик сингония дейилади.





37 - расм.

Тетрагональ сингония кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш

2. Ўрта категория кристалл шакллари учун кристаллографик ўқларни танлаш. Тетрагональ сингонияда z ўқи тасаввур этилади-ган бирдан бир юқри даражали симметрия ўқи - 4 ёки 4 билан мос бўйилади ва асосий кристаллографик ўқ деб айтилади. X ва Y ўқлари эса, иккинчи даражали симметрия ўқларининг бир-бирига перпендикуляр йўналган икkitаси билан мос, шундай симметрия ўқлари бўлмаган кристалл шаклларида симметрия текислигига-перпендикуляр, булари ҳам бўлмаган шаклларда кристаллнинг мавжуд ёғи бўлиши мумкин бўлган қирраларига параллель равишда танланади. Маълумки, бу сингония кристалл шаклларида иккинчи даражали симметрия ўқлари - 2 ўзаро ва юқри даражали $\bar{4}/4/$ симметрия ўқи билан 90° бурчак ҳосил қилиб кесинади. Демак, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ бўлади. Тетра-

гональ пирамида, дипирамида ёки тетраэдр ёнларидан бири ягона ён деб белгиланади /37-расм /. Танланган ягона ён X ва Y бўйича тенг ва z ўқи бўйича уларга тенг эмас кесмалар ҳосил қилади, яъни $a_0 = b_0 \neq c_0$. Ҳозирда айтилгандек $v_0 = 1$ бўлар экан, u ҳолда шу кесмалар нисбати $1:1:c_0$ шаклида ёзилади.

Бунда c бирдан бир шиклангани мазмун бўлган геометрик қўм-матдир. Шу сингонияга мансуб кристалл шаклларининг кўндаланг кесими тўғри тўрт бурчакли, яъни квадрат кўёфасига эга бўлиб, шунинг учун тетрагональ / тетра-тўрт, гональ-бурчак / ёки, баъзан квадрат сингония деб айтилади.

Тригональ ва гексагональ сингониялар учун кристаллографик ўқларни танлашнинг алоҳида усули юқори категориядан кейин таърифланади.

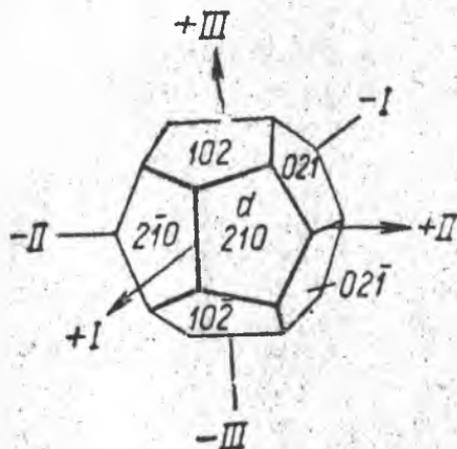
3. Юқори категория кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш.

Кубик сингония кристалл шаклларида тасаввур этиладиган учта тўртинчи даражали - 4, ёки булар бўлмагани ҳолда, учта иккинчи даражали - 2 ёки тўртинчи даражали инверсион - 2 симметрия ўқлари кристаллографик ўқлар билан мос қўйилади. Демак, бу симметрия ўқлари ўзаро бурчак ҳосил қилиб кесимлар экан $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ бўлади /38- расм /.

Октаэдр ёки тетраэдр ёнларидан бири ягона ён деб қабул қилинади. Ягона ён ҳамма кристаллографик ўқлар бўйича тенг кесмалар ҳосил қилиб кесимлади, яъни $a_0 = b_0 = c_0$. Шу кесмалар нисбати $v_0 = 1$ эканлигини ҳисобга олсак, бу нисбат $1:1:1$ шаклида ёзилади. Бунда симметрия ўқларининг қайси бирига қайси кристаллографик ўқ билан мос қўйилган катий назар натижа бир хил бўлиб чиқаради, чунки бу ўқлар геометрик тенг қўматли йўналишлар билан мос ўтади.

Лекин юқорида келтирилган бошқа сингонияларда бундай эмас, масалан, ромбик сингония кристалл шаклларидаги иккинчи даражали ўқларнинг биринчиси аввал X , кейин Y ёки z ўқлари билан мос қўяр эканмиз, шу кристалл шакл ёнларининг симболи аввал бошқа, кейин яна бошқача бўлиб чиқади. Чунки бу ромбик сингония кристалл шаклларидаги иккинчи даражали ўқларнинг тенг қўматли эмаслиги оқибатидир. Бу эса, ўз навбатида кристалларнинг ички қонуний ту-

зилиши- фазовий панжара элементар ичекасининг кибфаси билан боғлиқдир. Ромбик сингония кристалл шаклларидаги симметрия ўқларининг қайси бирини X, қайси бирини Y ёки z ўқи билан мос қўйиш кераклиги анча мураккаб масаладир. Бу ҳақда махсус китоблардан ўқиш мумкин.



38-расм. Кубик сингония кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш.

перпендикуляр йўналган иккинчи даражали ўқларнинг сони учта/ масалан, ромбоэдрик симметрия кўринишида/ ёки олтига /масалан, дигексагональ-дипирамидаль симметрия кўринишида/ бўлиб, булардан тўғри бурчак ҳосил қилиб кесишадиган иккитасини танлаб олиш ва уларни кристаллографик ўқлар деб аташ мумкин эмас, чунки бу ўқларнинг ҳаммаси ҳам 60° ёки 120° элик бурчак бўйича кесишадиган тенг қўнмадли йўналишдир. Шу сингониялар кристалл шаклларидаги ўзига ҳос симметриялик даражасига мувофиқ кристаллографик ўқларни танлашда

4. Тригональ ва гексагональ сингония кристалл шакллари учун кристаллографик ўқларни танлаш.

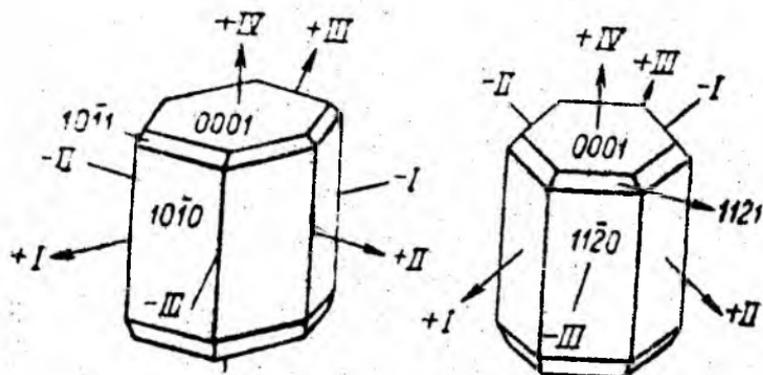
Бу сингонияларга мансуб кристалл шакллари учун кристаллографик ўқларни танлашда аввалгиларига қараганда бошқачароқ йўл тутилади. Юқорида кўриб ўтилганидек, кристаллографик ўқлар симметрия ўқлари йўналиши билан, яъни Р. Ж. Аюи қонунига кўра бир нуқтада кесишадиган қирралар йўналиши билан мос қўйилиши керак эди. Шунга кўра 4-симметрия ўқи тетрагональ сингония кристалл шакллари учун олинган каби 6, ёки 3, ёки $\bar{3}, 6$ симметрия ўқлари йўналиши билан мос қўйилади. Маълумки, бу сингониялар кристалл шаклларида шу асосий ўқларга нисбатан пер-

қўйидагича усуллардан фойдаланиш мумкин.

I. Бравэ усули. Бравэ томонидан тақлиф этилган шу усулга кўра юқори даражали симметрия ўқи / 6 ёки $\bar{3}$, 6 ёки $\bar{3}$ / йўналиши z ўқи йўналиши билан мос қўйилади. Унга перпендикуляр X ва Y ўқлар ўрнига иккинчи даражали ўқларнинг учтаси тўғри келади. Буларнинг иккинчиси X ва Y учинчиси z ҳарфи билан белгиланади. Агар кристалл шаклида 2-ўқлари мавжуд бўлмас экан, у ҳолда X , Y , z ўқлари ўз ара 60° ли бурчак ҳосил қиладиган қирралар бўйича ёки шундай йўналган симметрия текислиқларига перпендикуляр йўналишда олинади. Бу ўқларнинг ҳаммаси z ўқиға перпендикуляр бир текислиқнинг ўзида жойлашган бўлиб, ўзара 120° лик бурчак ҳосил қилиб кесишади. Демак, тригональ ва гексагональ сингониялар учун танланган кристаллографик ўқларнинг сони тўртта бўлиб, булардан биринчиси - X қузатувчисининг чап томонидан, иккинчиси - Y қузатувчига параллель ва учинчиси - z эса қузатувчининг ўнг томонидан ўтади. Шу танланган кристаллографик ўқлар орасидаги бурчаклар $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $\beta = 120^\circ$ ва шу ўқлар бўйича ҳосил қилинган кесмалар орасидаги боғланиш $a=b=c$ /I:I:c/ шаклида ёзилади /39-расм/.

II. Феодоров усули. Бу усулда ҳам кристаллографик ўқлар Бравэ усулидаги каби танланади, лекин улар бошқача тартиб билан белгиланади. Юқори даражали ўқ билан мос қўйилгани биринчи /I/, қузатувчи томон йўналгани учунчи /II/, қузатувчининг чап томонидан ўтгани тўртинчи /IV/ ва ўнг томонидан ўтгани иккинчи /II/ деб қабул қилинади.

III. Миллер усули. Кристаллографик ўқлар, бу усулга кўра, учта ўзара тенг бурчак ҳосил қилиб кесишувчи қирралар йўналиши билан мос қўйилади. Бу қирралар юқори даражали симметрия ўқи билан ҳам тенг бурчаклар ҳосил қилиб кесишади. Шундай экан бошқа сингониялар учун қабул қилинган тартиб, яъни кристаллографик ўқларнинг симметрия элементлари билан мос қўйиш тартиби бу сингониялар учун бузилади. Шунга қарамай бу усул тригональ сингония кристаллари учун қўлланилади ва баъзан ромбоэдриқ усул деб ҳам айтилади. Юқорида келтирилган тартибга кўра константалар нисбати $a_0 = b_0 = c_0$ ва $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ бўлиб, булар Бравэ усулидаги қараганда бутунлай бошқачадир. Лекин, шу икки усул билан аниқланган



59 - расм.

/а/ - Тригональ ва гексоганаль сингония кристаллари учун кристаллографик ўқларни танлаш:

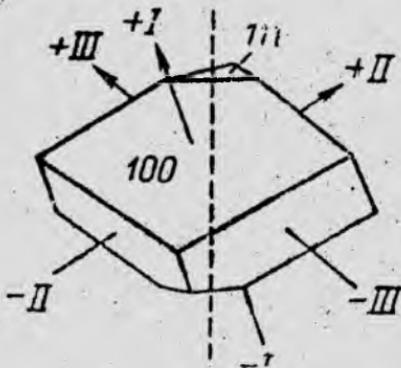
а/ Браве усули бўйича;

ённинг икки хил символлари орасида математик боғланиш бор, яъни уч индексли символдан тўрт индексли символга / ва аксинча/ математик йўл билан ўтиш мумкин.

4. Кристалл қирраларининг символлари / белгилари /

Кристалл ёнларининг символлари билан бир қаторда қирраларининг символларини ҳам аниқлаш талаб этилади. Бу, кристалларнинг бўлиши мумкин бўлган ёнларини тасаввур этиш учун, шундай ённинг

кристаллографик ўқларга нисбатан тутган ўрини-мавқебини аниқлаш учун брдам беради. Бунинг учун кристалларнинг қирраси кристаллографик ўқларнинг бошланғич нуқтасигача, ўзига параллель қилиб кўчирилади ва унинг символлари мана шу кўчирилган қиррада танланган кристаллографик ўқлар бўйича аниқланади.



Кристалл қирралари символлари учун шу қирра параметрларининг нисбати олинади ва улар квадрат қавсда $[r, s, t]$ каби, ёки индексларининг сон қийматлари аниқланганда $[324]$ шаклида ёзилади.

39- расм /б/. Миллер усули бўйича.

Қирра ва шу қирра билан кесишадиган ён индекслари орасидаги муносабат

Кристалл ёнининг ва шу билан кесишувчи /ёки параллель/ қиррасининг индекслари орасидаги оддий боғланиш мавжуддирки, бу ҳам кристаллни ҳисоблаш ишида жуда муҳим аҳамиятга эга.

Кристалл ёнининг символи - $\{h, k, l\}$ ва шу ённи кесувчи қирранинг символи - $[r, s, t]$ булар экан, у ҳолда булар орасидаги боғланишни қуйидагича тасаввур этиш мумкин: $hr+ks+lt=0$

Кристалл ёнининг индекслари билан шу ённи кесувчи қирра ин-

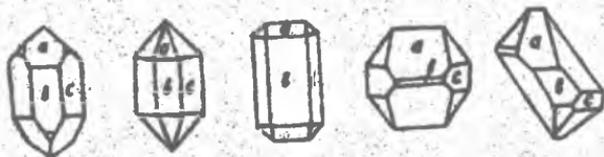
Акселары қўнайтувасининг йиғиндисини 0 га тенг.

Бу теореманинг даражаси эквивалентини қуйидаги мисолдан кўриниши билан 28-расмда октаэдрнинг ABC ёни /Ш/, АВ қирраси эса П0 қаси символларга эга. Шу символларнинг мос ҳадларини бир-бирига қўнайтириб, кейин қўнамиз: $/1.1/ + /1.1/ + /1.0/ = П0$

IV. КРИСТАЛЛНИНГ МОС ЁНЛАРИ ОРАСИДАГИ БУРЧАКЛАРИНИНГ ДОИМИЙЛИК ҚОНУНИ /СТЕНО ҚОНУНИ/ ВА КРИСТАЛЛАРНИ ТУТЧАН

Кристалл ёнларининг ўсиши теалиги ва йиҳрийт унинг ташқи қиёфаси, аввал айтиб ўтилганидек, шу кристалл ривожланаётган муҳитга, яъни температурага, босимга, эритманинг концентрациясига ва бошқа шартларига боғлиқ равишда хилма-хил бўлиши мумкин. Табиатда шундай моддалар / суьий моддалар ҳам/ борки, улар муҳит билан боғлиқ равишда бошқа-бошқа симметрия кўринишлари - сингонияларга мансуб кристалл шакллари ҳосил қилади. Масалан, углерод-гексагонал сингонияда графит шаклида / нисбатан паст босим ва паст температурада/ ҳамда кубик сингонияда олмос шаклида/ юқори босим ва юқори температурада/ кристалланади. Лекин, қўнинча бир сингонияда, бир симметрия кўринишига мансуб бўлган кристалл шаклининг ўзи ҳам ташқи муҳит билан боғлиқ равишда турлича қиёфаларга эга бўлиши мумкин.

40-расмда кварц кристаллининг турли қиёфалардаги шакли кўрсатилган. Шу кварц $/ SiO_2 /$ билан гематит $/ Fe_2O_3 /$ кристалларининг турли қиёфадаги шакллари устида олиб борган



40 - расм.

Кварц кристалли ҳар хил қиёфада /а, б, в, г/ мос ёнлари орасидаги бурчаклар / д, е/.

кузатишларига асосланиб даниялик олим И.Стено томонидан 1669 йили, биринчи бўлиб, бир хил модда кристалл шакллариининг мос ёнлари орасидаги бурчакнинг доимий - ўзгармас эканлигини чама-лаб / ўлчамасдан/ аниқланди.

Буёқ рус олими М.В.Ломоносов 1749 йили селитра кристалл шакллари учун мос ёнлар орасидаги бурчакнинг доимийлигини аниқ-лади ва буни ўзининг кристалллар ички тузилиши назарияси билан асослаб берди. Унинг бу назарияси кристаллларнинг ички тузилиши ҳақидаги ҳозирги замон тушунчалари билан жуда яқин келади, кейинчалик 1763 йили М.В.Ломоносов кристалл ёнлари орасидаги бурчакларни аниқ ўлчаб, бу кристлни олмос кристалларида исбот этди.

Франциялик минералог олим Ромэ Делиль бу қонунни жуда кўп модда кристаллари учун исбот этди. Бунинг учун у, шотирли Каран-жо томонидан кашф этилган махсус асбоб-гониметр билан фойдаланиб, кристалл ёнлари орасидаги бурчакларни аниқ ўлчади. Ромэ Делиль шу бурчакларнинг ўзгармас-доимийлигини ўз даврида Стено қонуни деб атаган эди. Бу ном ённга сингиб кетди ва ҳозир ҳам шундай деб юритилади. Бу қонунни юқрида юритилган мулоҳазаларга кўра шундай баён қилиш мумкин:

Бир модданинг муайян шароитларда язага келган бир хил моди-фикацияси кристалл шаклларидаги мос ёнлари / қирралари/ орасида-ги бурчаги, ўша кристаллнинг ташқи қиёфаси ва катта кичиклигидан қатъий назар, доимий - ўзгармасдир.

Бу кристаллографиянинг биринчи муҳим геометрик қонунидир. Шу қонунга асосан, кристалл шакллариининг мос ёнлари орасидаги бурчагига қараб, уларнинг қандай модда кристали эканлигини, жула кўп вақт оладиган ва қимматга тушадиган химиявий анализ қилиб кўрмасдан, билиш мумкин. Бундай усул Е.С. Феодоров-томонидан иш-лаб чиқилган ва шу соҳада махсус қўлланма - аниқловчи ёзилган.

Бундан ташқари, кристаллнинг бир қисми - бўлаги топилган ҳолда, ўша кристалл шаклининг бутун геометрик қиёфасини кўз ол-дига келтиришда ва уни ҳисоблаб чиқишда ҳам шу қонунга асослани-лади.

Шунчалик муҳим амалий аҳамиятга эга бўлган қонуннинг назе-рий асоси кристаллларнинг пайдо бўлиши ва ривожланиши жараёни бил-лен соғлиқ, - уларнинг ички қонуний тузилишидир. Маълумки, ўсиш -

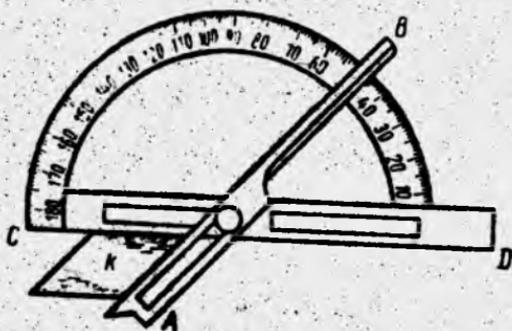
ривожланиш жараёнида кристалларнинг ёнлари аниқлигига параллель равишда сурилади. Бу демак, кристаллнинг шакли қанчалик катта ёки, кичик бўлмасин уларнинг ёнлари орасида бурчак бошланғич – кристалл пайдо бўлиб бошлаган давридаги шакл ёнлари орасидаги бурчак билан тенгдир, яъни бу бурчаклар фазовий пинжара элементар ячейкаси бурчаклари билан, булар ҳама шу кристаллни ташкил этувчи хилдоярлик модда таркиби билан боғлиқдир.

I. Бурчакларни ўлчаш асбоблари – гониометрлар

Кристаллнинг ёнлари орасидаги бурчакларни ўлчаш, бурчакларнинг доимий – ўзгаримаслиги қонуни кашф этилгандан кейин айниқса авж ола бошлади.

Бошланғич даврда қўлланган кристалл ёнлари орасидаги бурчакни ўлчаш асбоби–гониометр жуда содда тузилган, маълум ўқ атрофида айланадиган стрелка ўрнатилган оддий транспортрдан иборат эди. /41- расм /.

Бу гониометр механик. Коронжо томонидан 1772 йили кашф этилган. Шунинг учун ҳам уни Коронжо гониометри дейилади. Бундай гониометрдан фойдаланиш учун ўлчанадиган кристалл 0,5 см. ва undan катта бўлиши керак. Кристалл қанчалик кичик бўлса, олинган маълумот шунчалик ноаниқ бўлади.



41 – расм.

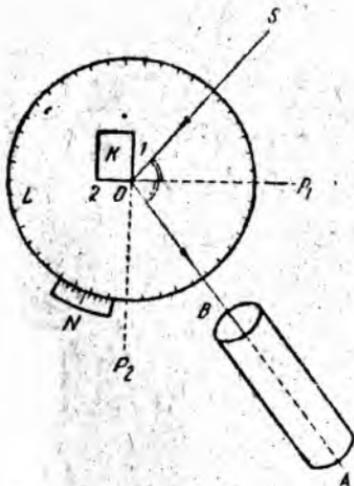
Коронжо гониометри. Кристалл /K/ стрелка /AB/ билан чизгич /CD/ орасидаги ўрнатилган.

Табиатда йirik кристаллар жуда кам топиладики, бундай ноаниқ $0,5-1^{\circ}$ хатолик билан ишлайдиган гониометр ривожланиб бораётган фан талабига жавоб бермайди ва бошқа бир мунча аниқроқ ишлайдиганлари кашф этилади.

Лимбали ёки доиравий гониометр

Бундай тип гониометр кристалл ёнларидан қайтган нур йўналиши орасидаги бурчакларни ўлчаш принципитга асосланган бўлиб, шу билан Коронжо гониометридан кескин фарқ қилади. Шунинг учун, бу тип гониометрларни нур қайтарувчи гониометрлар деб ҳам айтилади. Шундай гониометрларнинг биринчи нуسخаси 1809 йили Волластон томонидан кашф этилган. 42-расмга гониометрнинг тузилиши ва ишлангн схемаси кўрсатилган: А- лимба, 360° га бўлинган металл доира; В- нончус, ҳисобнинг бошланиш - ноль нуқтаси; С - нур берувчи трубке; АБ- қайтган нур тушадиган трубке; О- лимбанинг маркази, вертикаль ўқнинг учи.

Кристаллнинг ўлчаниши лозим бўлган ёнлари орасидаги кўрралари вертикаль - лимба ўқига параллель ҳолатда лимбанинг марказига қўйилади. С - трубкадан кристаллнинг "1" ёнига юборилган нур қайтиб АБ трубке орқали кўринади /ако ҳолда қайтган нур кўрингунча лимба ўз ўқи атрофида айлантирилади./ Кейин кристаллнинг бошқа масалан, "2" ёнига нур туширилади ва яна лимба қайтган нур кўрингунча айлантирилади. Нониусдан олинган иккинчи қимматдан биринчисининг айирмаси кристаллнинг шу икки ёнига туширилган тик чизик - биссектрисалар орасидаги бурчакка тенгдир. Ёнлар P_1, P_2 орасидаги бурчакларнинг ўзи эса, шу бурчакларнинг 180° тўлдирувчиси бўлади, яъни биссектрисалар орасидаги бурчакнинг 180° дан айирмасига тенг. Бирок, шундай йўл билан кристаллнинг бир зонасида ётувчи / параллель кўрралар билан чегараланган/ ёнлар орасидаги бурчаклар ўлчанади. Бошқа зона ёнлари орасидаги бурчакларни ўлчаш учун кристалл кўчириб олинади ва зона ёнлари орасидаги кўрраларини лимба ўқига параллель қилиб ва кўрра билан марказ орасидаги масофани ўзгартирмасдан қайтадан қўйиш талаб этилади. Ўлчаш қанчалик аниқ бўлмасин, мана шу кўчириб қайта ўрнатилиш пайтида кристаллни нотўғри қўйилиши ва нихоят олинган натижанинг ҳам хато бўлиши мумкин, шундай хатоликка йўл қўймаслик учун, кри-



42-расм. Лимбали гониометр
/L/. Кристаллнинг ёнлари
1,2/ орасидаги бурчаги $\angle SOB$
ёки P_1CP_2 бурчақларининг 180°
дан айқирмасига тенг.

Докрилли/ гониометр деб аталади /43-расм /.

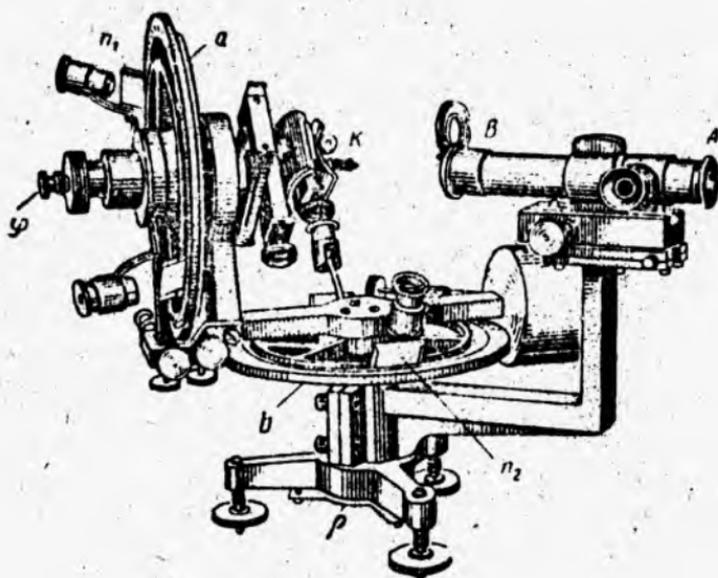
Бу гониометрда иккита - ρ ўқи атрофида айланадиган горизонталь /в/ ҳам ψ ўқи атрофида айланадиган вертикаль /в/ лимбалари бўлиб, бу кристаллнинг ҳамма зона ёнлари орасидаги бурчақларни ўлчаш имконини беради. Шу икки ўқ атрофида кристаллни айлантриб ҳамма ёнларидан /кристаллнинг ўрнатиб қўйилган ёнидан бошқа/ қайтсан нурни кўриш мумкин, яъни кристаллни кўчириб, қайта ўрнатиб ўтирмасдан ҳамма ёнлари ҳолатини аниқлаш мумкин. Ўлчашдан олинган натижа иккита вертикаль ва горизонталь лимбалардан олинган

талнинг тўғри қўйиш учун қайта-қайта уриниб жуда кўп вақт сарфлаш керак бўлади. Лекин баробир шу тип гониометр билан бурчақлар бир минутгача хатолик билан ўлчанади.

Кейинчалик шундай гониометрлар лимбасини вертикаль қўйиб-қайтадан ишланди. Лекин ишлаш усули, яъни олинган маълумотлардаги хатолик ва кристалларни ўрнатишда бўлган қийинчиликлар эса аввалгича қолди.

Бу тип гониометрлар билан ишлашдаги қийинчиликларни ва ўлчашдан олинган маълумотлар хатоллигини бартараф этиш мақсадида ҳам вертикаль, ҳам горизонталь лимбаси бўлган теодолитсимон гониометр ясалади.

Бундай гониометр В.С.Феодоров томонидан ўтган асрнинг сўнгги йилларида 1889 йили кашф этилган бўлиб, уни Феодоров гониометри ёки қўш лимбали



43 -- расм. Федоров гониометри

сферик координаталар билан белгиланади. Булардан бири кенгликни кўрсатади. Юқорида айтиб ўтилганидек ўлчанган бурчак кристалл ёнларидан қайтган нур йўналиши орасидаги бурчакни кўрсатади.

Федоров гониометридан олинган бурчак қиммати, яъни сферик координаталарни кристалл ёнларига перпендикуляр туширилган нурнинг сферадаги проекцияси бўлган нуқтанинг координаталари деб қараш мумкин.

Бу ҳолатдан, олинган φ ва ρ қиммати географик нуқталар координаталари билан таққослаш ва уларни глобус ёки унинг текисликдаги проекциясига кўчириш мумкин. Шунга асосланиб кристалл ёнларини ғазовий ҳолатини аниқлаш ва улар орасидаги бурчакни график усул билан ҳисоблаш мумкин.

Қўш лимбали гониометрлар билан ишлаш анча мураккаб - кристаллни ўрнатиш - марказига тўғрилаб ўқлар кесилинадиган пункт билан мослаб қўйиш жуда нозик ва ишлабтган кишидан катта маҳорат талаб этади.

Лекин бурчакни ўлчаш, олинган маълумотларни ҳисоблаш ишлари жуда осонлик билан бажарилади. Шунга кўра теодолит гониометрлари билан ишлаш 1893 йилдан бошлаб кенг ривожланди.

Шунинг учун Феодоровдан кейин ҳам, бу гониометрни ишлаш учун янада қулайлик-тақомиллаш устида жуда кўп ишлар қилинади. Лекин буларни ҳаммасида ҳам Феодоров принципи бутунлигича сақланган ҳолда амалга оширилди. Жумладан, 1938-1939 йиллар давомида В.Е. Свинт модели бўйича Москва геология-разведка институти устaxonасида шундай гониометрлар қўлаб ишлаб чиқарилди.

Немис ва Полявик кристаллографлар В. Гольшмит билан З. Чапский гониометрлари ҳам бор. Булардан ташқари турли мақсадларда, масалан, кристалларни юқори ва паст температураларда ўлчаш учун қўлланиладиган гониометрлар ҳам кашф этилганки, буларнинг батафсил таърифи ва ишлаш йўллари махсус китобларда баён этилади.

2. Кристалл ёнлари проекцияси ва ёнлар орасидаги бурчакларни ҳисоблаш

Маълумки ҳар қайси кристалл катта-кичиклиги, ёнларининг кўп-озлиги билан бир қаторда шу ёнлари орасидаги бурчаги билан ҳам ҳарактерланади. Бундан кристалл ёнларини чизмада тасвирлашни осонлаштириш учун уларнинг катта-кичиклиги, қиёфаси эмас, балки фазода бир-бирига нисбатан тутган ўрнини аниқлаб берадиган усул билан қўлланиш мумкин деган ҳулоса келиб чиқади.

Кристалл ёнларини чизмада тасвирлашнинг кўп усуллари бор. Булардан қуйида биттаси-кристалларни ҳисоблашда кўпроқ қўлланиладигани тўғрисида тўхталиб ўтилади.

Кристалл ёнларини проекциялаш учун кристаллни шаффоф сфера-шар марказига қўйилган деб фараз этилади. Юқорида теодолит гониометр билан кристалл ёнлари орасидаги бурчакларни ўлчаш бобида кристаллнинг ёни шу ёндан қайтган нур йўналиши билан ҳарактерланиши кўрсатиб ўтилган эди. Демак, кристалл ёни проекциясини тушириш учун сферага шу ёндан қайтган нур йўналиши - тўғри чизиқ

проекцияси туширилади.

Радиаль тўғри чизиқнинг ўша тасаввур этилган сферадаги /шар сатҳидаги / проекциясининг нукта бўлиши чизма геометрия курсидан маълум. Кристалл ёнининг сферадаги проекцияси шу ёнга туширилган тик тўғри чизик, проекциясининг айнан ўзи, яъни нуктадир.

Лу ёнларининг сферадаги проекцияси 44- расмда кўрсатилган. Бундай сферик / ҳажмли/ проекция кейинги кристаллографик масалаларни ечиш учун ноқулай бўлиб, шу проекцияни текисликда олиш зарурийлиги туғилди. Бунинг учун сфера географик глобусдаги каби тўри билан қриллади. Шу билан бирга чизиклар орасидаги бурчакни 2° га тенг қилиб ўтказилади. Текисликда тасвирланган глобус география курсидан уалмага маълум бўлганидек гарбий ва шарқий ярим шарлар ёки жанубий ва шимолий ярим шарлар картаси шаклида бўлади.

Кристаллографияда сферанинг кутб ёки экватор чизиги бўйича кесилган ярисини проекциясидан сойдаланилади.

Кристалл ёнларини проекциялашда асос қилиб сферанинг кутублар бўйича олинган кесими амалда кўпроқ қўлланилади. У Ю.В. Вульф томонидан ёнга киритилган бўлиб, шунинг учун ҳам уни Вульф сеткаси /тўри/ дейилади. Бунда икки хил чизиқлар - катта доиравий чизиқлар / географияда меридианлар/ ва кичик доиравий чизиқлар /параллеллар/ тўр ҳосил қилади.

Шу чизиқлари орасидаги бурчак 2° га тенг қилиб олинган /45-расм/.

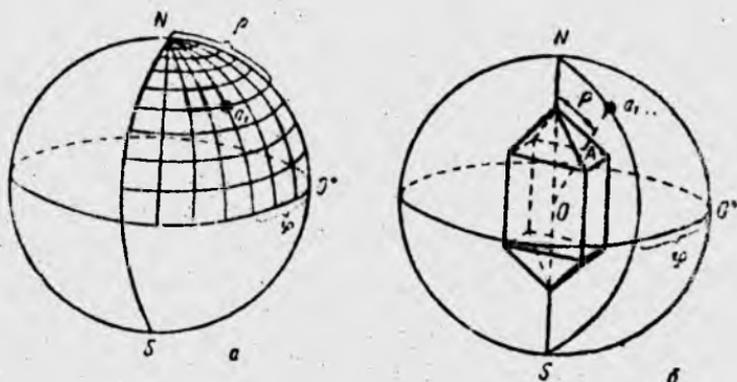
Шундай қилиб, ҳар қандай кристалл ёнининг проекцияси нукта ҳолатини Федоров гониометридан олинган сферик координаталарга асосан Вульф сеткасида аниқ тасвирлаш ва улар орасидаги бурчакларни ҳисоблаш имконияти туғилади.

Бунни қуйидаги мисолларда кўриш мумкин:

Биринчи вазифа. Берилган кристалл иски - ёнининг қуйидаги координаталарга мувофиқ, проекцияси туширилсин.

$$\begin{array}{l} \varphi - 73^{\circ} \\ \rho - 18^{\circ} \\ \varphi - 140^{\circ} \\ \rho - 56^{\circ} \end{array}$$

Шу нукталар проекциясини тушириш учун ρ уяғи билан белги-ланган қиммат кутбий масофани шимолий кутбдан-0 дан бошлаб,



44 - расм.

Кристалл ёни /а/ нинг проекцияси: N, S - кутблар; M - меридиан бўйича гониометрнинг горизонталь лимбасидан олинган бурчак қилмати, P - параллеллар бўйича-гониометрнинг вертикаль лимбасидан олинган бурчак қилмати; E - горизонталь бўйича ҳисобни бошлашиш нуqtаси; O - сфера маркази.

меридиан чизиги бўйича ҳисоблаб олинади. Кутбий масофа жа-
дубий кутубда 180° га тенг бўлади. Кенглик - экватор чизиги бўйи-
ча, чапдаги энг чекка меридиандан бошлаб ҳисобланади. Қилмат
сетканинг марказида 90° ва ўнгдаги энг чека меридиан устида 180°
га тенг бўлади. Кенглик қилмати бундан ортиқ бўлар экан, у ҳолда
кристаллнинг шундай координатага эга бўлган ёни сферанинг куза-
ғувчига қўринмайдиган орқа қисмида жойлашади ва у ўнгдан - 180°
дан бошлаб 360° гача / 0° гача/ чап томондаги меридиангача бўлган
эраллида жойлашади деб ҳисобланади.

Берилган вазифани бахариш учун Вульф сеткаси олинади ва бун-
га тенг қилиб кесилган шайфой қорғоз варағи унинг устига қўйила-
ди. Қорғоз устида сетканинг маркази / - | - шаклида / ва экватор чи-
зигининг учлари / $0^\circ, 180^\circ$ / билан кутблар ҳам белгилаб қўйилади.
Иш пайтида сетка устидаги қорғозни марказ атрофида айлантирганда
шу марказни доимо бир нуқтада бўлишини, бурилиб кетмаслигини

кузатиб туриш керак. Энди нуқталарни берилган координаталарга мувофиқ проекциясини тонамиз ва сетка устидаги қроғозга \odot I/ ва \odot /2/ шаклида белгилаб қўямиз. Биринчи нуқта сетканинг шимолий - шарқий, иккинчи нуқта эса шимолий-ғарбий қисмида жойлашади /45- расм /.

Иккинчи вазифа. Биринчи вазифада проекцияси топилган ўша икки нуқта - кристалл ёнлари орасидаги бурчак аниқлансин.

Нуқталар орасидаги бурчак бағдат катта ёй бўйича, яъни учлари сетканинг сфера доирасига тегиб турадиган ҳамма меридианлар ва экватор чизиги устида ҳисобланади. Бурчакни кичик ёнлар /экватордан бошқа параллеллар/ бўйича ҳисоблаш мумкин эмас.

Берилган вазифани бажариш учун қроғозни сетка устида айлантириб /1/ ва /2/ нуқталарни бир меридиан чизиги устига келтирилади ва улар орасидаги бурчак-тўр каттаклари билан ҳисоблаб чиқилади. Сетка маркази билан қроғозга белгилаб қўйилган марказнинг бир нуқтада жойлашганлигига қаноат ҳосил қилинганидан кейин, шу нуқталар орасидаги бутун сетка каттакларининг сони 37 бўлиб, ҳар қайси каттакнинг қиммати 2° экан, ўша нуқталар орасидаги бурчак 74° деб аниқланади. /46- расм / Лекин бундан ташқари яна яримтага га яқин каттак ҳам борки, буни тахминан 45^{I} деб чамалаб аниқлаш мумкин. Демак берилган кристалл ёнлари орасидаги, Вульф сеткасида ҳисобланган бурчак $74^{\circ} 45^{\text{I}}$ га тенг. Бундан ташқари бу ёнлар орасидаги бурчакни сферик координаталарига қараб қўйидаги формула билан назарий ҳисоблаш мумкин.

Бунда изланаётган бурчак - $74^{\circ} 54^{\text{I}} 22^{\text{II}}$ га тенг бўлади.

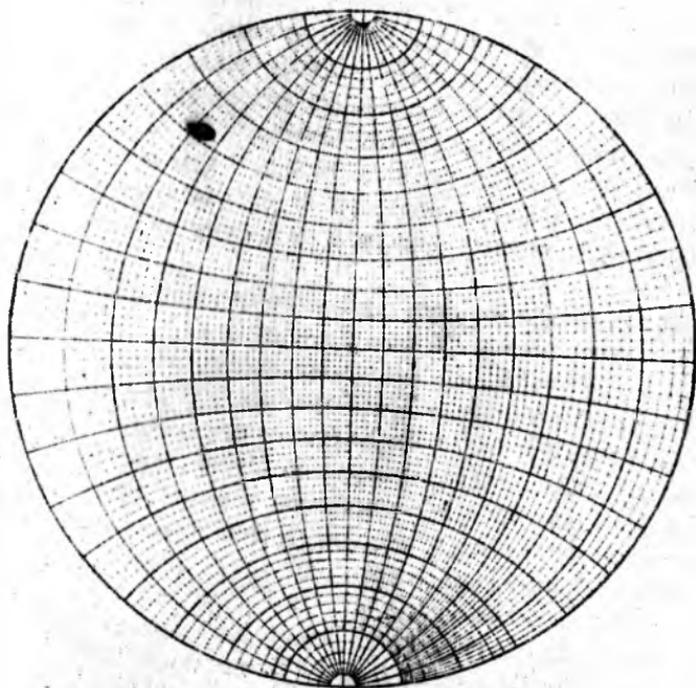
Шу бурчакнинг назарий қиммати билан график усулда ҳисоблангани орасидаги фарқ жуда кам бўлиб, атиги $9^{\text{I}} 22^{\text{II}}$ ташкил этади. Шу билан бирга график усулда ҳисоблаш жуда қулай, яна назарий усулга қараганда бир неча марта тез бажарилади.

График усулда олинган натижанинг аниқроқ бўлиши учун топилган ён проекциясини иложи борида кичик нуқта билан белгилаш,

зарур бўлган ўринда ёнларни ҳам ингичка чизик билан чизиш, қроғоздаги билан сеткадаги марказни доимо бир нуқтага қўйиш зарур.

Бундан ташқари бурчакнинг 2° дан кичик улишини чамалаб тўғри аниқлашга ўрганиш лозим.

Шундай қилиб Вульф сеткасида фойдаланиш соҳасида баъзи бир



45- расм. Вульф сеткеси

масалаларни кўриб чиқилди. Бундан ташқари шундай йўл билан поисларни чизиш ва улар ўқилари проекциясини топиш, ниҳоят кристалл ёнларининг символларини ҳам аниқлаш мумкин. Бу ва шунга ўхшаш масалаларни ечиш кристаллографиядан амалий машғулотларга оид китобларда батафсил ёзилган бўлиб, ушбу китобда бу тўғрида ортиқча тўхтамасдан ўтаним.

Болдирев сеткаси. Бу, градусларга бўлинган сферанинг шимолий ярмини текисликка туширилган проекциясидир. Бунда меридианлар айлананинг радиуслари каби тўғри чизик шаклида тасвирланган бўлиб, уларни катта радиусли айлана ёйлари деб қараш мумкин. Ҳисоб бошланганган O – ишораси билан белгиланган бошлангич меридиан марказидан ўнг томонга қараб йўналади. Параллеллар эса концентрик айланалар шаклида кўрсатилган ва бурчакларги ҳисоблаш марказдан бошланади, яъни O – ишораси сетканинг марказида жойлашади.

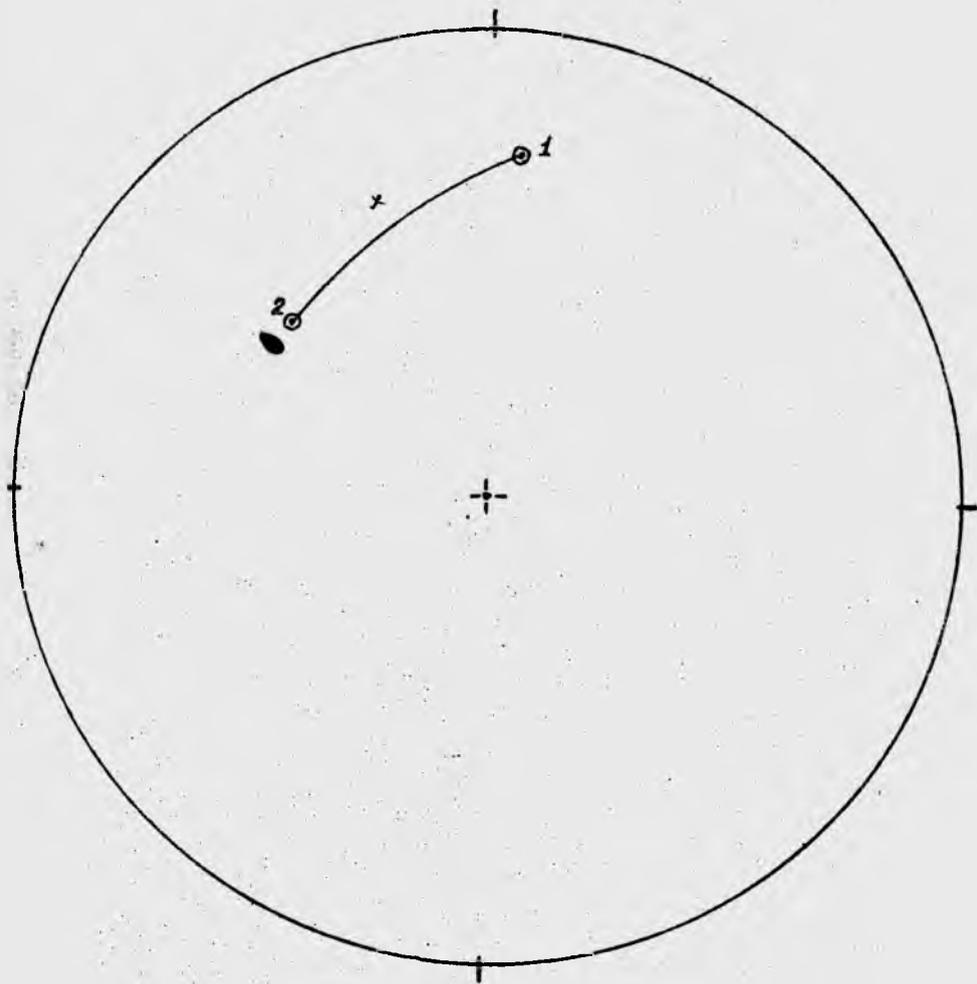
Болдирев сеткасида кенглик бошлангич меридиандан бошлаб соат стрелкаси бўйича $360^{\circ} / 0^{\circ}$ гача ҳисобланади.

Кутубий масофа сетканинг марказидан бошлаб параллеллар бўйича 90° гача ҳисобланади. Агар кутубий масофа 90° дан катта бўлса, /жанубий ярим шарда бўлса/, шу проекцияси туширилган йўналишнинг қарама-қарши йўналиши проекцияланади. Маълумки, проекцияси жанубий ярим шарда жойлашган тўғри чизиқнинг тескари йўналиши бўйича проекцияси шимолий ярим шарда бўлади. Бунинг учун берилган координатлар 180° дан айирилади, яъни $/180^{\circ} - \alpha/$, $/180^{\circ} - \varphi/$ бўйича янги координатлари ҳисобланади.

Бошқа амалий ишлар Вульф сеткасидаги каби бажарилади.

Е.С.Федоров сеткаси мураккаб Вульф /иккитаси 90° га айлантириб/ ва Болдирев сеткаларининг устма-уст қўйилган шаклидир. Стеореографик сеткалар кристаллография фанига 1824 йили Мёбиус томонидан қиритилган бўлса ҳам биринчи марта амалда фойдаланишни Е.С.Федоров бошлаб берди. Вульф ўз сеткасини Федоров иштеридан беҳабар 1892 йили кашф этди. Болдирев сеткаси эса, Е.С.Федоров сеткасининг соддалаштирилганидир.

Ҳозирги пайтда кристаллографияда бажариладиган амалий ишларда, кристалларни ҳисоблаш, проекцияларни чизишда кўпроқ Вульф сеткасидан фойдаланилади. Ўз даврида, аввал Е.С.Федоров сеткаси,



46 - расм.

Кристаллнинг /1/ ва /2/ ёнлари проекцияси на улар орасидаги бурчак / x /.

кейинчилик Болдирев сеткаси ҳам кристалларни текшириш ишларида кенг қўлланилган эди.

А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. Белов Н.В. "Очерки по структурной минералогии". Изд. "Недра", М., 1976 г.
2. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. Изд. "Наука". М., 1971 г.
3. Вайнштейн Б.К. и др. Методологические проблемы кристаллографии. Изд. "Наука", М., 1985 г.
4. Козлова О.Г. Рост кристаллов. МГУ, М., 1967 г.
5. Костов И. Кристаллография. Изд. "Мир", М., 1965 г.
6. Попов Г.М. и Шафрановский И.И. "Кристаллография", "Высшая школа", 9 издание, 1972 г.
7. Сироткин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. Изд. "Наука", М., 1979 г.
8. Современная кристаллография. I-IV тт. Изд. "Наука", 1979-1981 гг.
9. Шаскольская М.П. Кристаллография. "Высшая школа", 1976 г.
10. Шафрановский И.И. и Алявдин В.Ф. Краткий курс кристаллографии. "Высшая школа", 1984 г.
11. Уиттекер Э. Кристаллография. Изд. "Мир", 1983 г.
12. Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. Изд. "Наука", М., 1973 г.

Категория	Сингония	Симметрия	Симметрия в кристалле	Примитив	Инверсион-примитив	Инверсион-линейная
Часть	Триклин	I	2	I	I	I
	Моноклин	L ₁	I	I	I	I
	Ромбик	L ₂	2	2	2	2
	Тригональ	L ₃	3	3	3	3
	Тетрагональ	L ₄	4	4	4	4
	Кубик	L ₆	6	6	6	6
	Тригональ	L ₃	3	3	3	3
	Тетрагональ	L ₄	4	4	4	4
	Кубик	L ₆	6	6	6	6
	Кубик	L ₆	6	6	6	6
Углы	Триклин	L ₂	2	2	2	2
	Моноклин	L ₂	2	2	2	2
	Ромбик	L ₂	2	2	2	2
	Тригональ	L ₃	3	3	3	3
	Тетрагональ	L ₄	4	4	4	4
	Кубик	L ₆	6	6	6	6
	Тригональ	L ₃	3	3	3	3
	Тетрагональ	L ₄	4	4	4	4
	Кубик	L ₆	6	6	6	6
	Кубик	L ₆	6	6	6	6

32 симметрия кўриниши ва уларнинг белгилари 3-жадвал

Симметрия кўринишининг СИ	Симметрия кўринишининг номи	Белгилари
I. Трик-	1. Моноэдрик	C ₁
лин	2. Пинакоидаль	C ₂
II. Моно-	3. Диедрик ўқли	C _{2v}
клин	4. Диедрик ўқсиз	C _{2h}
5. Призматик		C _{2v}
6. Ромбогетраэдрик		D _{2d}
7. Ромбопирамидаль		C _{2v}
8. Ромбо-пирамидаль		D _{2h}
9. Тригональ-пирамидаль		C _{3v}
10. Ромбоэдрик		C _{3i}
11. Тригональ-трепцеоздрик		C _{3v}
12. Дитригональ-пирамидаль		D _{3d}
13. Дитригональ-скеленоэдрик		D _{3d}
14. Тетрагональ-пирамидаль		C _{4v}
15. Тетрагональ-дипирамидаль		C _{4h}
16. Тетрагональ-трепцеоздрик		D _{4h}
17. Дитетрагональ-пирамидаль		C _{4v}
18. Дитетрагональ-дипирамидаль		D _{4h}
19. Тетрагональ-тетраэдрик		T _d
20. Тетрагональ-скеленоэдрик		D _{2d}

давошти

	1	2	3	4	5	6
	:21.	Гексагональ-пиремидаль	L_6	C_6	6	6
	:22.	Гексагональ-дигипирамидаль	L_6PC	C_6A	6/π	6:π
У1. Гексагонал	:23.	Гексагональ-трипентаэдрик	L_6L_2	D_6	522	6:2
	:24.	Дигексагональ-пиремидаль	L_66P	C_6V	6ππ	6:π
	:25.	Дигексагональ-дигипирамидаль	L_66L_27PC	$D_6π$	6ππππ	π:6:π
	:26.	Тригональ-дигипирамидаль	L_3P	C_3h	6	3:π
	:27.	Дитригональ-дигипирамидаль	L_33L_24P	D_3h	6π2	π:3:π
	:28.	Пентагон-тритетраэдрик	$4L_33L_2$	T	23	3/2
	:29.	Дидодекаэдрик	$4L_33L_23PC$	T_h	π3	5/2
УП. Ку-	:30.	Пентагон-триоктаэдрик	$L_44L_36L_2$	O	432	3/4
бик	:31.	Гексагетраэдрик	$3L_44L_36P$	T_d	43π	3/4
	:32.	Гексоктаэдрик	$3L_44L_36L_29PC$	O_h	π3π	5/4

И У Н Д А Р И Ж А

1. Кристаллография фани ва унинг вазифалари	3
2. Кристалл ҳақида умумий тушунчалар	7
3. Кристаллларнинг вужудга келиши ва ўсиши	9
4. Кристаллларнинг вужудга келиши сабаблари ва ўсишга оид назариялар	12
5. Кристалл ёнларининг ўсиш тезлиги ва уларнинг шакли	15
6. Кристаллларнинг геометрик шаклини ўзгартирувчи асосий сабаблари	16
7.	

ГЕОМЕТРИК КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

I. Кристалллар симметрияси ва уларни ўрганиш	18
I. Симметрия элементлари	19
2. Симметрия элементларининг геометрик кўриши	27
3. Симметрия элементларининг табиий кристалллардаги катор- лари	30
4. Симметрия кўриниши /класс/ ва симметриялар	36
II. Кристаллларнинг геометрик шакллари	39
I. Очиқ содда шакллари	41
2. Ёпиқ содда шакллари	42
3. Симметриклик даражаси паст категория геометрик шакллари	51
4. Симметриклик даражаси ўрта категория геометрик шакллари	53
5. Симметриклик даражаси юқори категория геометрик шакллари	55
6. Комбинация ва унда иштирок этадиган содда шакллар	58
III. Бутун сонлар қонуни ва кристаллографик символлар	61
I. Бутун сонлар қонуни	62
2. Кристалл ёнларининг белгилари /символлари/	64
3. Кристаллографик ўқларни таниш	66
4. Кристалл қирраларининг символлари	74
IV. Кристаллнинг мос ёнлари орасидаги бурчакларининг доимий- лик қонуни /Стено қонуни/ уларни ўлчаш	76
I. Бурчакларни ўлчаш асбоблари /гониометрлар	78
2. Кристалл ёнлари проекцияси ва ёнлар орасидаги бурчак- ларни ҳисоблаш	82
Адабиётлар	

P-14733. Подписано в печать 8.06.87г.

Формат 6Сх84 1/16, объем 6,0п.л.

Тираж 1000. Заказ 2854.

Типография "4 ТИПО "Матбуот",
г. Ташкент -700019, пр. Радикальни", Ю.