

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

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**FIZIKA FAKULTETI
"YARIMO'TKAZGICHLAR VA POLIMERLAR FIZIKASI"
KAFEDRASI**

TAGAYEV UMID RUSTAMOVICH

**"YARIMO'TKAZGICH MONOKRISTALLARINING
YO'NALTIRILGANLIGI VA SIMMETRIYASINI ANIQLASH
METODLARI" BO'YICHA USLUBIY QO'LLANMA
TAYYORLASH
mavzusidagi**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

**Ilmiy rahbar:
dotsent Nazirov D.E.**

Toshkent 2013

MUNDARIJA

MAVZU	bet
Kristallar	3
Kristallarda simmetriya	4
Miller indekslari	10
Brillyuen zonasi	11
Kristall panjara	12
Kristall panjara geometriyasi	15
Qattiq jismlarning tuzilishi	21
Rentgen spektrlari	26
Kristallarda rentgen nurlari difraksiyasi	29
Laue usuli	31
Kristallni aylantirish usuli	33
Kukun usuli	33
Rentgen mikroskopiyasi	34
Rentgen struktura analizi	35
Nazorat savollari	37
Glossariy	38
Adabiyot	41

Kristallar

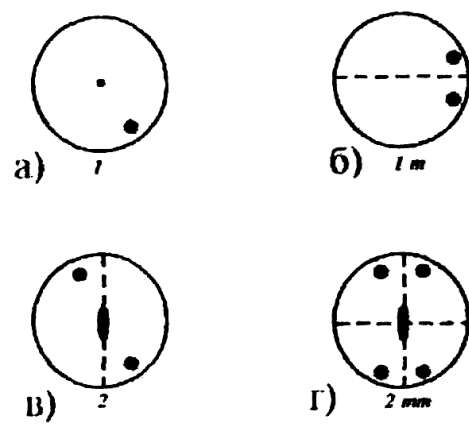
Kristallar (yunon. *krystallos* - muz) – ko'p yoqli shakllarga ega bo'lgan simmetrik qattiq jismlar. Kristallarda atomlar ma'lum tartibda joylashgan bo'ladi, ya'ni kristall panjarasini tashkil etadi. Ko'pchilik tabiiy yoki texnikaviy qattiq materiallar polikristallar deb atalib, ular tartibsiz joylashgan, bir necha ayrim mayda kristall donachalardan tashkil topgan bo'ladi.

Tabiiy yoki sintetik yakka kristallar esa monokristallar deb ataladi. Kristallar ko'p hollarda suyuq fazalar - eritmalaridan hosil bo'ladi va o'sadi. Gaz holatdan yoki qattiq fazadan faqat fazaning o'zgarishi natijasidagina kristallar hosil bo'lishi mumkin. Turli ilmiy va texnik maqsadlar uchun maxsus laboratoriya, texnologik zavodlar va korxonalarda sun'iy yo'l bilan ham kristallar o'stiriladi. Kristallar tabiatda har xil kattalikda uchraydi. Tog' billuri - kvarsning bir necha yuz kilogramm keladigan kristalidan tortib, olmosning juda kichik zarralari kabi kristallar mavjudligi ma'lum. Bir xil sharoitda o'sgan kristallar odatda, simmetrik, to'g'ri shaklli, tomonlari silliq, qirralari to'g'ri bo'ladi. Aynan kristallning ma'lum tomonlari orasidagi burchaklari bir xil bo'ladi. Bu esa geometrik kristallografiyaning birinchi - burchaklar doimiyligi qonuniga (**Stenon qonuni**) muvofiqdir. Kristall o'sayotganda uning tomonlari parallel ravishda siljiydi. Retgenostruktura tahlili paydo bo'lgunigacha kristall burchaklarini o'lchash yordamida o'zaro taqqoslanib, ularning kimyoviy tarkibi aniqlangan. Geometrik kristallografiyaning ikkinchi asosiy qonuni - butun sonlar qonuni, ya'ni **Gayui qonunidir**.

Kristallni simmetrik jism sifatida o'rganish maqsadida ular 32 simmetriya sinfiga bo'lingan. Har bir sinf simmetriya elementlarining ma'lum bir majmui bilan xarakterlanadi. 32 sinf ulardagi xarakterli simmetriya elementlarining mavjudligiga qarab 7 singoniyaga guruhlanadi: triklin, monoklin, rombik, tetragonal, geksagonal, trigonal va kub. Bir-birini almashtira oladigan kristallografik tomonlardan tuzilgan kristall oddiy shaklli kristall deb ataladi. Hammasi bo'lib 47 oddiy shakl mavjud. Ularning faqat ayrimlarigina kristallning har bir sinfiga namoyon bo'lishi mumkin.

Kristallarda simmetriya

Simmetriya deganda biz jismning ustida ma'lum bir amallarni (burish, siljitish, akslantirish) bajarganimizda jism o'z-o'ziga ustma-ust tushishi va barcha yo'nalishlarda fizik xossalari avvalgidek o'zgarishsiz qolishini tushunamiz. Misol tariqasida 1 - rasmda keltirilgan shakllar simmetriyasini ko'rib chiqamiz. 1a - rasmdagi shaklning biror o'qqa yoki tekislikka nisbatan simmetriyasi yo'q. Ushbu shakl faqat 360° burchakka burilganda o'zi bilan o'zi ustma-ust tushadi. Bunday quyi simmetriyaga ega bo'lgan jismlarni xalqaro belgilashda 1 raqami bilan belgilanadi va shakl birinchi tartibli simmetriya o'qiga ega deyiladi. 1b - rasmdagi shakl esa uzuq-uzuq chiziq bilan tasvirlangan tekislikka nisbatan simmetrik bo'ladi, bunday shakl simmetriyasi $1m$ ko'rinishda yoziladi. 1v - rasmdagi shaklni 180° ga ma'lum bir o'q atrofida burganimizda ustma-ust tushadi, 360° ga burganda u ikki marta ustma-ust tushadi, demak, ikkinchi tartibli simmetriya o'qiga ega - 2.



1 - rasm. Shakllar simmetriyasi.

Oxirgi shaklimiz ikkinchi tartibli simmetriya o'qiga va ikki simmetriya tekisligiga ega, ya'ni - 2mm. Kristallar ham simmetriyaga ega, ularning simmetriyasi kristall panjarasining simmetriyasidan kelib chiqadi. Kristallar elementar katakning tashkil etuvchilarini, ya'ni translyasion vektorlarning uzunligiga va ular orasidagi burchaklarning qiymatiga qarab 7 ta katta guruhga bo'linadilar. Bu guruhlarning har biri o'z nomiga ega bo'lib, kristall singoniyalari deb ataladi (1 - jadvalga qarang).

Kristall uchun mumkin bo'lgan barcha simmetriya amallari kristalning simmetriya guruhini tashkil qiladi. Simmetriya guruhleri ham ikki toifaga bo'linadi: nuqtaviy va translyasion. Nuqtaga nisbatan akslantirish (inversiya), o'q atrofida burish va tekislikka nisbatan akslantirish bilan bog'liq bo'lgan simmetriya amallari nuqtaviy simmetriya guruhini tashkil qiladi. Kristalning tashqi simmetriyasini aniqlovchi bunday nuqtaviy simmetriya guruhleri soni 32 ta bo'lib ularning kristall singoniyalari bo'yicha bo'linishi 2 - jadvalda keltirilgan.

2 - jadvalda ushbu 32 ta nuqtaviy simmetriya guruhlarini xalqaro qabul qilingan belgilanishidan tashqari, kristallshunos olim Shyonfilis kiritgan belgilashlar ham keltirilgan. qattiq jismda kristall panjarasining mavjudligi 1, 2, 3, 4, 6 - tartibli simmetriya o'qlaridan yuqori tartibli simmetriya o'qlari bo'lmasligiga olib keladi. 5 -, 7 - tartibli simmetriya o'qi ham bo'lishi mumkin emas, chunki besh va yetti burchakli shakl yordamida fazoni qoldiqsiz to'ldirib bo'lmaydi (ba'zi bir biologik kristallar bundan istisno). Boshqa simmetriya o'qlarini esa yuqoridagi simmetriya o'qlariga keltirilishi mumkin.

1 – jadval.

№	Кристалл сингонияси	Элементар катакни тавсифловчи катталиклар (параметрлар)
1	Триклин	$a_1 \neq a_2 \neq a_3 \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma$
2	Моноклин	$a_1 \neq a_2 \neq a_3 \quad \alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$
3	Ромбик	$a_1 \neq a_2 \neq a_3 \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4	Тетрагонал	$a_1 = a_2 \neq a_3 \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
5	Кубик	$a_1 = a_2 = a_3 \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
6	Тригонал	$a_1 = a_2 = a_3 \quad \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ < 120^\circ$
7	Гексагонал	$a_1 = a_2 \neq a_3 \quad \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$

2 - jadval.

Кристалл сингониялари	Нуқтавий гуруҳнинг белгиланиши		Нуқтавий гуруҳ номи
	Халқаро	Шенфлис бўйича	
1. Триклин	$\bar{1}$	C_1 C_i	Моноэдрик Пинакоидал
2. Моноклин	2 m 2/m	C_2 C_s C_{2h}	Ўқли диэдрик Ўқсиз диэдрик Призматик
3. Ромбик	222 mm mmm	D_2 C_{2v} D_{2h}	Ромб-тетраэдрик Ромб-пирамидал Ромб-дипирамидал
4. Тетрагонал	4 422 4/m 4/mm 4/mmm $\bar{4}$ $\bar{4} 2m$	C_4 D_4 C_{4h} C_{4v} D_{4h} S_4 D_{2d}	Тетрогонал пирамидал Тетрагонал трапециоэдрик Тетрагонал дипирамидал Дитетрагонал пирамидал Дитетрагонал дипирамидал Тетрагонал тетраэдрик Тетрагонал скаленоэдрик
5. Тригонал	3 32 3m $\bar{3}$ $\bar{3} m$	C_3 D_3 C_{3v} C_{3i} D_{3d}	Тригонал пирамидал Тригонал трапециоэдрик Дитригонал пирамидал Ромбоэдрик Дитригонал скаленоэдрик
6. Гексагонал	$\bar{6}$ 6m2 6 622 6/m 6/mm 6/mmm	C_{3h} D_{3h} C_6 D_6 C_{6h} C_{6v} D_{6h}	Тригонал дипирамидал Дитригонал дипирамидал Гексагонал пирамидал Гексагонал трапециоэдрик Гексагонал дипирамидал Дигексагонал пирамидал Дигексагонал дипирами- дал
7. Кубик	23 m $\bar{3}$ $\bar{4} 3m$ 432 m $\bar{3} m$	T T_h T_d O O_h	Тритетраэдрик Дидодексаэдрик Гексатетраэдрик Трионтаэдрик Гексантаэдрик

Har bir simmetriya guruhi asosiy hosil qiluvchi simmetriya amallari bilan belgilanadi. Kristallar nuqtaviy simmetriyadan tashqari translyasion simmetriyaga ham egadirlar. Kristall panjarasining mumkin bo'lgan 14 xil translyasion simmetriya amali mavjud.

Har bir translyasion simmetriya amaliga bitta elementar katakni mos qo'yish mumkin. Natijada 14 xil elementar katak hosil bo'ladi, bu elementar kataklar Brave panjaralari deb ataladi. Translyasion simmetriya - bu kristalni ma'lum bir vektor bo'yicha ko'chirganimizda o'zi bilan ustma-ust tushishidir. Har bir kristallar singoniyasida faqat ma'lum bir turdagi Brave panjarasi bo'lishi mumkin.

Kristall panjarasining to'liq simmetriyasini fazoviy simmetriya guruhi aniqlaydi. Fazoviy simmetriya guruhida kristallni nuqtaviy va translyasion simmetriya amallari mujassamlashgan bo'ladi. Hammasi bo'lib 230 ta fazoviy guruhlar mavjud bo'lib, har qanday kristall o'z tuzilishiga ko'ra ana shu guruhlarining biriga mansub bo'ladi. Kristallning fazoviy simmetriya guruhi ma'lum bo'lsa, uning kristall tuzilishini keltirib chiqarish juda oson, shuning uchun kristallning simmetriya guruhini bilish muhim ahamiyatga ega. Hozirgi paytda kristall simmetriyasi rentgen nurlari yordamida aniqlanadi.

Fanning ushbu yo'nalishi kristallografiya deb nomlanadi. 3 - jadvalga asosan:

1. Triklin singoniya panjaralari faqat sodda R - shakldagi panjaralardir. Brave panjarasini ifodalovchi parametrlar soni 6 ta: uch qirra va uchta burchak.

2. Monoklin singoniyada ikkita Brave panjarasi shakllari bo'lishi mumkin. Ulardan biri R - shakldagi sodda katakka ega bo'lib, ikkinchisi esa,

markazlashgan asosli, ya'ni S - shakldagi katakka ega. Ushbu panjaralarni 6 ta parametr aniqlaydi ($a_1, a_2, a_3, \alpha, \beta, \gamma$).

3. Rombik singoniyada to'rt xil Brave panjaralari mavjud bo'lishi mumkin; R - sodda, S - markazlashgan asosli, hajmiy markazlashgan - I va yoqlari markazlashgan - F turdagi panjaralar. Ushbu shakldagi panjaralar to'rtta parametr bilan aniqlanadi (a_1, a_2, a_3, α).

4. Tetragonal singoniya ikki xil, ya'ni R va I shakldagi panjaralarga ega bo'lib uchta parametr bilan aniqlanadi (a_1, a_2, α).

5. Trigonal singoniya ikkita parametr bilan aniqlanadi (a_1, α) bu singoniyada faqat R - shakldagi Brave panjarasi mavjud.

6. Geksagonal singoniyada bitta Brave panjarasi bo'lib, to'rt parametr bilan aniqlanadi. Ushbu katak S - shaklga mansub bo'lib ko'p hollarda uni uchta R - shakldagi sodda katak ko'rinishida ham ifodalanadi.

7. Kubik singoniyada uch xil katak bo'lishi mumkin: R, I va F shakldagi kataklar. Kubik singoniyani ikki parametr bilan aniqlash mumkin (a, α).

Miller indekslari

Kristallarning anizotropiyasi, ularda turli yo'nalishlarda fizik xossalarni turlicha bo'lishi, shu yo'nalishlarni farqlash uchun ma'lum bir belgilashlar zarur ekanligini ko'rsatadi. 1 - rasmda kristall panjarasi tasvirlangan, undan ko'rinib turibdiki $O^1 0$ va $O^1 A$ kesib o'tuvchi tekisliklar turli yo'nalishga ega va ular translyasion vektorlarga nisbatan turlicha joylashgan.

Bunday tekisliklarni farqlash uchun Miller indeksleri belgilaridan foydalanamiz. Ushbu indekslar qanday topilishini quyida ko'rsatib o'tamiz. Koordinatalar o'qini shunday tanlab olamizki, ular elementar katakning translyasion vektorlari bilan ustma-ust tushsin (2 - rasm). Bizga (ABC) tekislik indekslarini topish kerak bo'lsin. Uning uchun dastlab biz tekislikni koordinata o'qlari bilan kesishgan joylarini topamiz. Koordinata o'qlarini bir uzunlik birligi o'sha o'qda yotuvchi translyasion vektor uzunligiga teng bo'ladi. Bunday turli masshtabdagi koordinata o'qlarini tanlash, belgilashlarni osonlashtiradi. (m, n, p) sonlari topilgandan keyin o'sha tekislikning Miller indeksini aniqlash mumkin. Uning uchun (m, n, p) sonlarining teskari nisbatlari yoziladi, ya'ni $1/m : 1/n : 1/p$ va shu nisbatga teng bo'lgan eng kichik butun sonlar yoziladi, masalan u sonlar $h; k; l$ bo'lsin. Demak, $h : k : l = 1/m : 1/n : 1/p$ ushbu holda (h, k, l) sonlar ABC tekislikning Miller indeksleri deb ataladi.

Elementar katakdagi tugun koordinatalari holatini aniqlash uchun ham belgilash qabul qilingan. Tugunlar translyasion vektorlarning qancha qismini tashkil etsa, o'sha sonlar bilan belgilanadi. Kristall tuzilishlar tavsifi keltirilgan jadvallarda oldin odatda, elementar katak turi va o'lchamlari beriladi, keyin tugunlar koordinatalari keltiriladi.

Brillyuen zonasi

Brillyuen zonalarini tushuntirish uchun ikki o'lchovli kristal panjarasini ko'rib chiqamiz. Kristall panjara tugunidagi A atomning atrofidagi atomlar bilan birlashtirib chiqamiz. Har bir qo'shni atom bilan

birlashtiruvchi chiziqning o'rtasidan shu chiziqqa tik kesma bilan teng ikkiga bo'lamiz. Hosil bo'lgan shtrixlangan shakl Vigner-Zeyts elementar katagi deb ataladi. Ushbu katakni tekislikda translyasiya vektorlari bo'yicha ko'chirsak, kristall panjara tuzilishini tiklash mumkin, ya'ni Vigner-Zeyts elementar katagi ham elementar katak tanlashning bir usulidir. Endi ushbu kristall panjaraga teskari panjarani tuzamiz va bu panjarada ham yuqoridagi tartibda elementar katak ajratib olamiz. Teskari panjaradagi ushbu katak birinchi Brillyuen zonasi deb ataladi.

Brillyuen zonasining fizik mohiyati shundan iboratki, Brillyuen zonasi ichida yotuvchi k to'lqin vektoriga ega bo'lgai barcha rentgen nurlari Bregg-Vulf shartiga asosan kristalldan qaytishi mumkin. Hozirgi kunda Brillyuen zonalari kristallografiyada ishlatilmasada, kristallarning zonalar nazariyasida juda muhim ahamiyatga ega. Brillyuen zonasidagi elektronlar o'zining energiyasini va impulsini uzluksiz o'zgartira oladilar. Brillyuen zonasini tark etish uchun elektronlarning energiyasi sakrab o'zgarishi kerak.

Kristall panjara

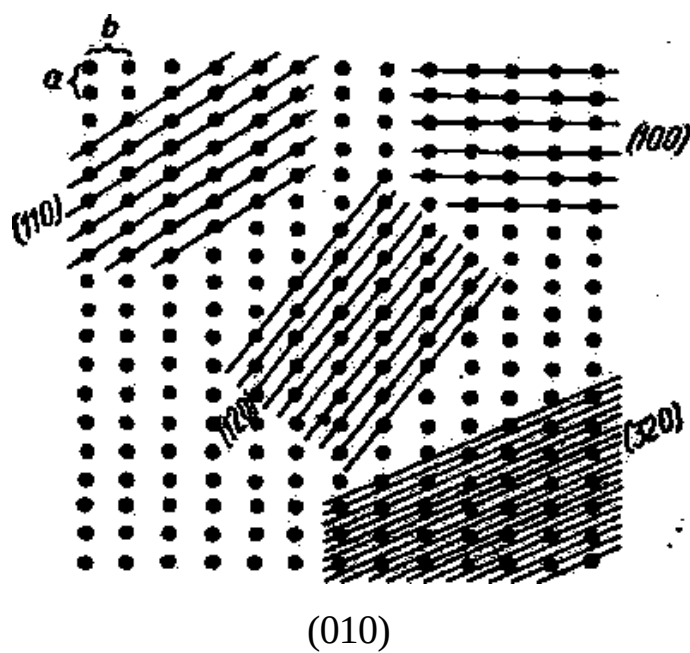
Kristallarda ularni tashkil qilgan atomlar va boshqa zarralar yuqorida aytganimizdek, muntazam joylashadi. Atomlarning kristallarda bunday joylashishining muhim natijalaridan biri kristall xossalarining turli yo'nalishlarda birday bo'lmasligidir, bu xossa kristallning anizotropiyasi deb ataladi.

Atomlar muntazam joylashganda ular turli yo'nalishda turli zichlikda joylashadi. Ushbu holat 2 - rasmdan yaqqol ko'rinib turibdi, bu rasmda

atomlarning muntazam joylashishining mumkin bo'lgan sxemalaridan biri ko'rsatilgan. Bu yerda faqat atomlarning chizma tekisligidan tashqarida ham xuddi shunday joylashishini va fazoviy panjara hosil qilishini ko'z oldimizga keltirishimiz kerak, bu panjaraning tugunlarida atomlar joylashgan bo'ladi. Agar panjaraning tugunlari orqali turli yo'nalishlarda tekisliklar o'tkazsak (bizning rasmda to'g'ri chiziqlar o'tkazilgan), u holda bu tekisliklarda atomlar turli quyuqlikda joylashadi. Kristalda, demak, atomlar turlicha "band" etgan tekisliklar bo'ladi. Kristallning eng xarakterli xossasi - kristallarning anizotropiyasi asosan shu bilan tushuntiriladi.

Masalan, kristallar anizotropiyasining namoyon bo'lishi quyidagicha; agar kristall uning o'sishiga hech qanday tashqi kuchlar ta'sir ko'rsatmayotgan sharoitda hosil bo'lsa, bu holda u ayni shu kristall uchun xarakterli bo'lgan qirrali shaklni oladi. Kristall yassi yoqlar bilan chegaralangan bo'lib, bu yoqlar orasidagi burchaklar ham ayni shu kristall uchun o'ziga xos bo'ladi. Bu yoqlar zarralar eng katta zichlikda joylashgan tekisliklarning o'zginasidir, chunki kristallning o'sishida xuddi shu tekisliklarga (boshqalariga emas) ko'pincha yangi atomlar kelib qo'shiladi. Atomlar eng zich band bo'lgan tekisliklarda atomlarning bir-biri bilan eng kuchli bog'lanishi ravshan, chunki ularning oralaridagi o'zaro masofalar nisbati kichikdir.

Ikkinchi tomondan, 2 - rasmdan ko'rinib turibdiki, atomlar zich joylashgan tekisliklar atomlar kamroq quyuqlikda "band etgan" tekisliklarga qaraganda bir-biridan uzoqroq turadi. Binobarin, atomlar zich joylashgan tekisliklarda bir-biri bilan mustahkam bog'langan, biroq bunday tekisliklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi katta emas va bu tekisliklar bir-biridan oson ajraladi.



2 - rasm. Tekisliklarning Miller indekslari.

Shu tufayli kristall mexanikaviy buzilganda (parchalanganda) uning qandaydir muayyan tekisliklar, jipslashish tekisliklari deb atalgan tekisliklar bo'ylab parchalanishini kuzatish mumkin. Tosh tuzi kristali, masalan, to'g'ri (muntazam) burchakli parallelepipedlar shaklidagi parchalarga bo'linadi. Island shpatining kristall parchalari parallelepiped shaklida bo'lsada, biroq to'g'ri burchakli emas; slyuda va grafit yupqa plastinkalarga ajraladi va hokazo.

Kristallarning sinish tekisliklari (jipslashish tekisliklari) - bu eng ko'p sonli atomlari joylashgan tekisliklardir. Jipslashish tekisliklarining mavjudligi - kristallarning xarakterli xususiyatlaridan biridir. Agar kristallning o'sishi sharoitlariga ko'ra unda muntazam yoqlar paydo bo'la olmaydigan va shuning uchun uning shakli ixtiyoriy bo'lgan hollarda ham kristallning boshqa barcha xususiyatlari va jumladan, jipslashish xossasi saqlanib qoladi.

Kristall panjara geometriyasi

Ko'rsatib o'tganimizdek, kristallning xarakterli xususiyati utsi tashkil qilgan zarralar (atomlar, molekulalar, ionlar)ning geometrik muntazam joylashishidir. Kristall, demak, uzlukli davriy strukturaga ega bo'ladi. Geometriya nuqtai nazaridan zarralarning bunday davriy takrorlanuvchi joylashishini translyasiya deb atalgan parallel siljitish operatsiyasi yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Faraz qilaylik, biz biror r_0 nuqtani (aytaylik, u masalan, zarraning og'irlik markazi bo'lsin) to'g'ri chiziq bo'ylab a masofadagi p_x vaziyatga,

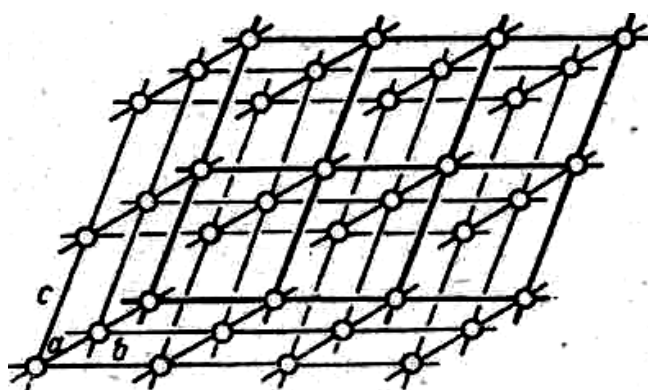
so'ngra xuddi shunday masofadagi p_2 vaziyatga surayapmiz. $\mathbf{a}$ translyasiya yordamida biz, nuqtalar qatorini, yoki nuqtalarning bir o'lchamli zanjirini hosil qilamiz. $\mathbf{a}$ translyasiya ma'lum yo'nalishga va a ga teng bo'lgan son qiymatiga ega bo'lgan vektor bilan ifodalanishi ham mumkin, bu $\mathbf{a}$ qiymatni pgranslyasiya davri deb ataladi.

Translyasiya vektori $\mathbf{a}$ yordamida cheksiz ko'p sonli parallel siljitishlar - $2\mathbf{a}$, $3\mathbf{a}$ va hokazo siljitishlarni, umumiy holda ta translyasiyani amalga oshirish mumkin, ulardan eng kichigi $\mathbf{a}$ bo'ladi.

Agar p_0 nuqtani bir vaqtda $\mathbf{a}$ va $\mathbf{b}$ ikki translyasiya amali bo'yicha siljitsak, u holda endi nuqtalar qatori emas, yassi to'r hosil bo'ladi. Bu to'rdagi har bir nuqtaning vaziyati quyidagi vektor yig'indi bilan aniqlanadi, bu yerda t va n - nolni ham o'z ichiga olgan butun sonlar. Agar, nixryat, p_0 nuqta bilan bir vaqtda uch turli translyasiya $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ va $\mathbf{s}$ operatsiyasi bajarilsa, u holda fazoviy panjara hosil bo'ladi. Har qanday nuqtaning o'rni bu holda siljishlarning tegishli kombinatsiyasi bilan aniqlanadi. $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ va $\mathbf{s}$ uchta vektorning kombinatsiyasi translyasiya gruppasi deb ataladi. $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ va $\mathbf{c}$ vektorlardan hosil bo'lgan parallelepiped **elementar yacheyka** deb ataladi (4 - rasm).

Fazoviy panjaraning ixtiyoriy uch nuqtasi orqali o'tgan tekislikda nuqtalar (zarralar) yassi to'r hosil qilgan holda to'g'ri tartibda joylashgan. Ular biz ilgari eslatib o'tgan kristall tekisliklarini hosil qiladi.

Ulardan ba'zilari (eng quyuk; "band etilgan"lari) jipslashish teksliklari bo'ladi. Translyasiya vektorlari $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ va $\mathbf{c}$ kristall panjaradagi atomlararo masofalardir. Ularning son qiymatlari odatda 10^{-8} sm tartibida bo'ladi.



4- rasm. Elementar yacheykaning ko'rinishi.

Brave panjarasi. Biz ko'rib o'tgan simmetriya elementlari va ularning sinflari kristall jismlarga tegishli edi. Bu simmetriya elementlari kristall jismning butunligicha olgandagi simmetriyasini, ya'ni makroskopik simmetriyani xarakterlaydi. Yana kristall panjaraning tuzilishi masalasiga qaytaylik.

Yuqorida biz translyasiya yo'li bilan panjarani o'z-o'ziga ustma-ust tushirish (dastlabki vaziyatidan farq qilmaydigan vaziyatga keltirish) mumkin ekanligi haqida gapirgan edik, ya'ni buning uchun ma'lum yo'nalishlarda ma'lum masofaga parallel ko'chirish kerak edi. Kristall panjara uchun translyasiya asosiy simmetriya elementi hisoblanadi.

Har qanday kristall panjara, ko'rsatib o'tilganidek, muntazam taxlangan parallelepipedlar - elementar yacheykalar tarzida tasvirlanishi mumkin. Panjarani tashkil qilgan barcha elementar yacheykalarning shakli va hajmi bo'yicha bir xil ekanligi va ularning har birida bir xil sondagi atomlar bo'lishi ravshan. Elementar yacheykalarning barcha uchlarida bir-day atomlar yoki atomlar gruppasi joylashgan; shuning uchun bu uchlar bir-biriga ekvivalent bo'lib, ular panjara tugunlari bo'ladi.

Bu tugunlarning har biri, ya'ni elementar yacheyka uchlarining har biri ixtiyoriy boshqasi bilan panjara davrlaridan biriga teng bo'lgan masofaga parallel ko'chirish yo'li bilan ustma-ust tushirilishi mumkin. Biroq bu tugunlar panjarada tanho (yagona) emas. Panjarada shunday nuqtalar ham bo'lishi mumkinki, ular kristallning bir butunligiga xos bo'lgan simmetriya elementlari, ya'ni burish va akslantirish yo'li bilan ustma-ust tushirish ham mumkin.

Boshqacha aytganda, kristall panjarada parallel ko'chirishlar makroskopik simmetriya elementlari bilan kombinasiyalangan holda uchrashi

mumkin. Masalan, kristallning biror simmetriya o'qi yoki simmetriya tekisligi bo'lsa, u holda ularni panjara davriga teng masofaga parallel ko'chirish (translyasiya) yo'li bilan bunday o'zaro parallel simmetriya o'qlari va shunga mos holda simmetriya tekisliklarini cheksiz ko'plab hosil qilish mumkin.

Bundan tashqari, translyasiya va bu translyasiya yo'nalishi bilan ustma-ust tushgan o'q atrofida burish bilan yangi simmetriya elementiga kelish mumkin, bu element vint o'qi deb ataladi. Shunga o'xshash, agar panjaraning nuqtasi boshqa nuqtasi bilan ana shu nuqtani translyasiya qilish va uni shu translyasiya yo'nalishiga parallel tekislikdan akslantirish yo'li bilan ustma-ust tushirilishi mumkin bo'lsa, u holda simmetrik sirpanish tekisligi deb atalgan yangi simmetriya elementi yuzaga keladi; Faqat parallel ko'chirish (translyasiya) yo'li bilan bir-biriga ustma-ust tushirish mumkin bo'lan ekvivalent tugunlar to'plami kristallning translyasiya panjarasi yoki Brave panjarasi deb atalgan panjarani hosil qiladi.

Binobarin, Brave panjarasi panjara tugunlaridan qandaydir bittasini uchala yo'nalish bo'yicha parallel ko'chirish yo'li bilan yasalgan parallelepipeddan iboratdir. Bunday y'nalishlar (koordinata o'qlari) sifatida kristallning simmetriya o'qlariga parallel yoki uning simmetriya tekisliklariga perpendikulyar yo'nalishlar tanlanadi. Kristallografiya odatda bu yo'nalishlarni kristallografik o'qlar sifatida olinadi. Shu yo'l bilan yasalgan parallelepipedlarda ekvivalent tugunlar (atomlar) faqat uchlaridagina emas, shuningdek yoqlarning markazida va diagonal tekislikning markazida joylashishi mumkin.

Atomlar faqat yoqlarning uchlarida joylashgan holda Brave panjarasi yoqlari markazlashgan deb, yoqlarning markazida va diagonal tekislikning markazida joylashgan holda esa hajmiy markazlashgan panjara deb ataladi.

Brave panjarasi qirralarining uzunligi a , b , c va ular orasidagi burchaklarning nisbatlari turlicha bo'lishi mumkin. Bu holda necha xil Brave panjarasi bo'lishi mumkin, degan savol tug'iladi. Hammasi bo'lib 14 xil Brave panjaralari bor ekanligini ko'rsatish mumkin. Bu elementar parallelepipedlar yasaladigan koordinata o'qlari sifatida kristallning kristallografik o'qlari tanlangani uchun Brave panjaralaridan har biri biz yuqorida k'rsatib o'tgan yetti kristall sistemaning biriga tegishli bo'ladi deyish mumkin. 6-rasmda Brave panjaralarining barcha 14 elementar parallelepipedi ular simmetriyasining ortib borish tartibida ko'rsatilgan. Birinchi o'rinda eng kam simmetrik triklin panjara ko'rsatilgan, bu panjarada tugunlar qirralarining uzunligi ixtiyoriy a , b , c va ular orasidagi burchaklar ixtiyoriy bo'lgan parallelepiped uchlarida joylashgan. So'ngra: oddiy monoklin - 2, yoqlari markazlashgan monoklin - 3, oddiy rombik - 4, asosi markazlashgan rombik - 5, hajmiy markazlashgan rombik - 6, yoqlari markazlashgan rombik - 7, panjaralar ko'rsatilgan.

Geksagonal panjara - 8 da tugunlar muntazam olti yoqli prizmalarning uchlari va ularning oltiburchakli asoslari markazlarida joylashgan. Undan keyin romboedrik - 9 Brave panjarasi joylashadi, uning elementar parallelepipedi fazoviy diagonal bo'yicha cho'zilgan yoki siqilgan kub (romboedr) ko'rinishida; so'ngra tetragonal oddiy - 10, hajmi markazlashgan tetragonal 11 panjaralar ko'rsatilgan. Maksimal simmetriya - kubik simmetriyaga ega bo'lgan sistemalarga uch turdagi Brave panjarasi: oddiy

kubik 12, hajmiy markazlashgan 13 va yoqlari markazlashgan 14 panjaralar kiradi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, Brave panjarasi kristall panjaraning tamomila aniq tuguni uchun uni uchala kristallografiya o'qlari b'ylab parallel ko'chirish yo'li bilan yasaladi. Agar boshlang'ich (dastlabki) tugun sifatida biror boshqa tugun (atom) tanlansa, boshqacha Brave panjarasi hosil bo'ladi. Bundan shunday xulosa chiqadi: bir-biriga nisbatan ko'chirilgan biror ixtiyoriy uzunlikdagi vektor tanlanadi va bu vektorning koordinata o'qlariga nisbatan tashkil etuvchilarini panjara doimiysi birliklarida aniqlanadi. Bu holda o'zaro nisbatlari vektor tashkil etuvchilarining nisbatlariga teng bo'lgan eng kichik uchta butun son bu yo'nalishning indeksleri bo'ladi.

Masalan, agar vektorning komponentlari mos ravishda 6, 4 va 8 ga teng bo'lsa, uholda bu vektorga muvofiq bo'lgan yo'nalishning indeksleri 3, 2 va 4 bo'ladi. Bu sonlar katta qavs ichiga olinadi: Yo'nalishlarning indeksleri mos ravishda m , n va k harflari bilan belgilanadi.

Berilgan $[h, k, l]$ indekslar to'plami bilan aniqlanadigan yo'nalish ba'zida (kubik kristallar uchun esa hamma vaqt) xuddi shunday (h, k, l) ni indekslar to'plami bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar bo'ladi.

Qattiq jismlarning tuzilishi

Tabiatdagi moddalar gaz, suyuqlik, qattiq jism yoki plazma holatlarida bo'ladi. Ushbu holatlar moddaning agregat holatlari deb ataladi va bir-biridan fizik xossalari bilan o'zaro farqlanadi. Qattiq jismlarning suyuqlik va gazlardan farqi shundaki, ular o'z shakllarini saqlaydi va ularda oquvchanlik kuzatilmaydi. Mikroskopik nuqtai nazardan bunday farqning

mavjudligi, moddani tashkil etuvchi atom va molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir energiyasining katta yoki kichikligi bilan tushuntiriladi. Suyuqlik va gazlarda ularni tashkil qiluvchi atom va molekulalar orasidagi o'zaro ta'sirlashish energiyasi ularning issiqlik harakati energiyasidan kichik bo'ladi.

Shuning uchun suyuqlik yoki gazni tashkil etuvchi atom va molekulalar bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chib yurishi mumkin, ya'ni oquvchanlik xossasiga ega. qattiq jismlarda esa molekula yoki atomlar orasidagi ta'sirlashuv energiyasi ularning issiklik harakati energiyasidan ancha katta bo'ladi, shuning uchun ular erkin ko'chib yura olmaydi va muvozanat vaziyatlari atrofida tebranma harakat qilib turadi. Demak, qattiq jismni boshqa agregat holatlardan ajratib turuvchi asosiy farqlari: birinchidan, uning normal sharoitda o'z shaklini saqlashi; ikkinchidan, ularni tashkil etuvchi atom yoki molekulalarning tebranma harakatda bo'lishidir.

Qattiq jismlar tuzilishiga ko'ra amorf, kristall, shishasimon va polimer qattiq jismlarga bo'linadi. Bundan tashqari qattiq jismlar uni tashkil qiluvchi atom yoki molekulalarning o'zaro bog'lanishiga ko'ra ham farqlanadi (5 - rasm).



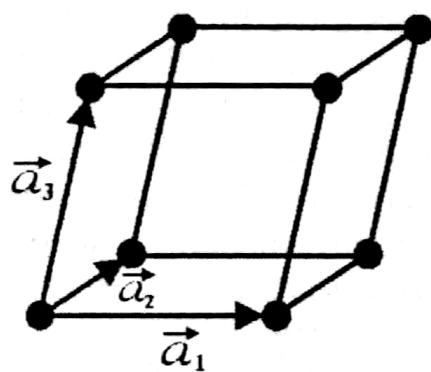
5 - rasm. Kristall qattiq jismlar.

Kristall qattiq jismlarda ularni tashkil qiluvchi atom va molekulalar qat'iy tartib bilan joylashadi. Agar bu tartib ikki qo'shni atom yoki molekula orasidagi masofadan bir qancha marta katta bo'lgan masofalargacha saqlansa uni uzoq tartib deb ataladi. Kristallar aniq suyulish temperaturasiga (nuqtasiga) ega bo'ladi. Jism bu temperaturagacha qizdirilganda atomlar va molekulalar joylashishida tartib yo'qoladi va ular oquvchanlikka ega bo'lib qoladi. Suyulish nuqtasida tashqaridan olinayotgan issiqlik ta'sirida jism temperaturasi o'zgarmaydi va qattiq jism to'la suyuqlikka aylanguncha temperatura saqlanadi.

Kristalldagi atomlar va molekulalarning joylashish tartibi butun kristall bo'yicha saqlangan bo'lsa, bunday kristall monokristall deb ataladi. Hamma monokristallar anizotropiyaga ega, ya'ni ularning fizik xossalari turli yo'nalishlarda turlichadir. Monokristallarning makroskopik bo'lakchalarining tartibsiz birikishidan hosil bo'lgan kristall **polikristall** deb ataladi. Polikristaldagi monokristal donalarning tartibsiz joylashuvi natijasida uning fizik xossalari barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xil bo'ladi. Bunday jismlar izotrop jismlar deb ataladi.

Kristalni tashkil qiluvchi zarralar muvozanat nuqqalari atrofida tebranma harakatda bo'ladi. Ushbu muvozanat nuqtalarini fikran birlashtirsak kristall panjarasi hosil bo'ladi. Muvozanat nuqtalari esa kristall panjarasi tugunlari deb ataladi.

Kristall tuzilishga ega bo'lgan jismlarni tavsiflashda yuqorida keltirilgan kristall panjarasi tugunlari tushunchasi muhim ahamiyatga egadir.



6 - rasm. Kristall panjarasi.

Kristall panjarasining tuzilish qiyofasini saqlagan eng kichik bo'lagini elementar katak (elementar yacheyka) deb ataladi. Odatda elementar katak parallelepipeddan iborat boadi. Ushbu parallelepipedning uchta qirradi bo'ylab a_1 , a_2 , a_3 vektorlarni yo'naltiramiz, bu vektorlar uzunliklari shu parallelepiped qirradi uzunligiga teng bo'lsin. Bunday vektorlar asosiy - translyasion vektorlar deb ataladi (6 - rasm).

Translyasion vektorlarning asosiy xossasi shundan iboratki, bu vektorlar yordamida cheksiz kristalni $r = n_1a_1 + n_2a_2 + n_3a_3$ vektor bo'ylab ko'chirsak, kristall o'z-o'ziga ustma-ust tushadi (p_1 , p_2 , p_3 - butun sonlar). Ko'p hollarda bir qancha atomlar birikmalari kristall panjarasini hosil qiladi. Bunday takrorlanuvchi atomlar guruhini bazis deb ataladi. Ixtiyoriy kristallning bazisi va translyasion vektorlari aniqlangan bo'lsa kristall panjarasi aniqlangan hisoblanadi.

Rentgen spektrlari

Rentgen spektrlari – to'lqin uzunligi $10^{-4} \div 10^{-3}$ A (Angstrom) bo'lgan elektromagnit nurlanishlar, ya'ni rentgen nurlarining chiqayotgandagi va yutilishidagi spektrlari. Rentgen spektrlarini yrganish uchun kristall-analizator (yoki difraksion panjara)li spektrometrlar yoki impulsar detektori va amplituda analizatoridan iborat (kristallsiz) apparatlar ishlatiladi.

Rentgen spektrlarini qayd qilish uchun rentgenofotoplyonka va ionlovchi nurlanishning turli detektorlari qo'llaniladi. Rentgen spektrlari tutash (yaxlit) va chiziqli (xarakteristik) bo'ladi. Tutash Rentgen spektrlari zaryadlangan zarralarning (elektron, proton, mezon va h.k.) antikatodga urilib

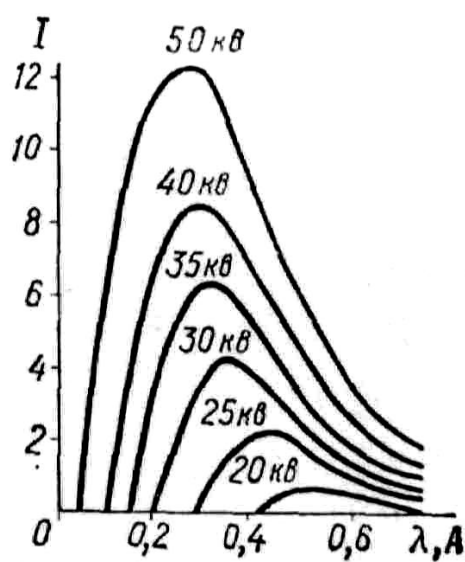
tormozlanish jarayonida vujudga keladi. Chiziqli Rentgen spektrlari bir-biridan keskin ajralib turadigan ayrim chiziqlardan iborat bo'ladi.

Tutash Rentgen spektrlarining xarakteri antikatod materialiga emas, zaryadlangan zarralarning massasi va ularni tezlatuvchi potensialga bogliq. Tormozlanish spektrlari intensivligi taqsimoti to'liq uzunligiga qarab egri chiziq bilan tasvirlanadi (7 - rasm).

Chiziqning qisqa to'liqli chegarasi antikatodga urilayotgan zaryadlangan zarrachining energiyasiga bog'liq, masalan elektronlarni tezlatuvchi potensial $V = 100 \text{ Kv}$ ga teng bo'lganida, tutash spektrdagi eng qisqa to'liq uzunligi $0,123 \text{ A}$ bo'ladi. Uyg'otuvchi elektronlarning energiyasi biror kritik qiymatdan ortiq bo'lmaganda, tutash spektr hosil bo'ladi.

Agar elektronlarning energiyasi bu kritik qiymatga teng yoki undan katta bo'lsa, chiziqli spektr hosil bo'ladi. Chiziqli Rentgen spektrlarining xarakteri esa antikatod materialiga bog'liq. har bir elementning o'ziga xos chiziqli Rentgen spektrlari bor.

Chiziqli Rentgen spektrlari elektronlarning antikatodga urilib o'z energiyasini antikatod atomlariga berishi natijasida hosil bo'ladi. Xarakteristik nurlarning spektral chiziqlari Rentgen spektrlarining har xil qismlarida bo'lib, muayyan bir qonuniyatga bo'ysunadi.



7 - rasm. Volframda hosil qilingan tormoz nurlanishi intersivligi I ning rentgen trubkasidagi kuchlanish V ning turli qiymatlarida to'lqin uzunligi λ bo'yicha taqsimlanishi.

Kristallarda rentgen nurlari difraksiyasi

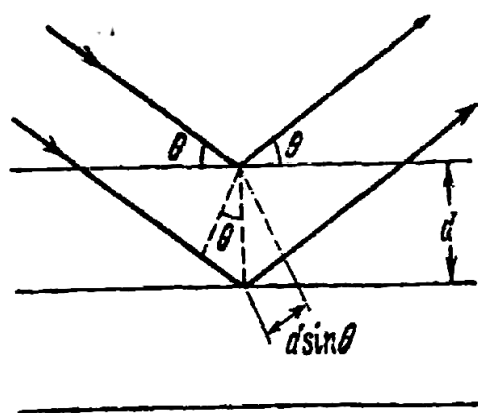
Kristall panjarasi tuzilishini bevosita kattalashtirib tasvirga tushirish ham holatlardagina mumkin. Shuning uchun kristall panjarasi tuzilishini o'rganishda rentgen nurlarining kristal panjaradagi difraksiyasidan foydalaniladi. To'lqin uzunligi katta bo'lgan nurlardan ham foydalanib bo'lmaydi, chunki difraksiyani kuzatish uchun to'lqin uzunligi difraksion panjara davri chamasida bo'lishi lozim. Kristall panjarasidagi rentgen nurlari difraksiyasini eng sodda qilib birinchi marta U. Bregg va G.A. Vulflar tushuntirib berishdi. Rentgen nurlari kristallga tushgach, ular turli atom tekisliklaridan qaytadilar va rentgen nurlarining yo'l farqi to'lqin uzunligiga karrali bo'lganida difraksion maksimumlar, ya'ni yorug' nuqtalar paydo bo'ladi.

Agar kristaldagi ikki tekislik orasidagi masofa d ga teng bo'lsa, va rentgen nurlari θ burchak ostida tushsa, u holda 8 - rasmda ko'rsatilganidek ikki nurning yo'l farqi $2d\sin\theta$ ga teng bo'ladi. Difraksion maksimum sharti esa,

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (13)$$

bu yerda n - butun son, λ - rentgen nurining to'lqin uzunligi.

Ushbu ifoda **Bregg-Vulf qonuni** deb ham yuritiladi. Kristall panjarasidan juda ko'p atom tekisliklarini o'tkazish mumkin (8 - rasm). Difraksiya maksimumlari ular uchun ham bajarilishi mumkin. Shuning uchun difraksiyani qayd kdluvchi fotoplyonkada bir qancha yorug' nuqtaparni ko'ramiz.



8 - rasm. Kristalldan rentgen nurlar difraksiyasi.

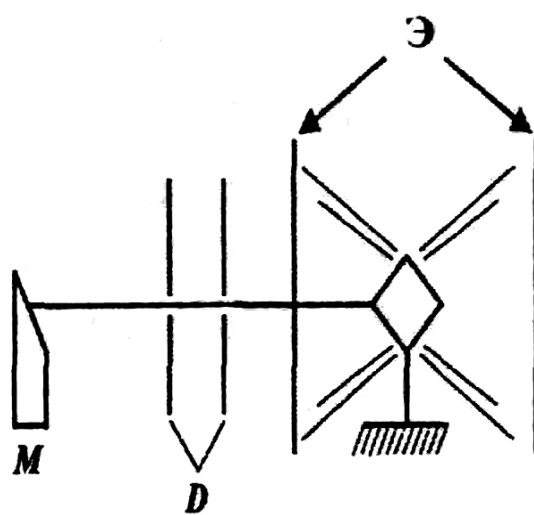
Bregg-Vulf qonuniga asosan rentgen nurlari kristaldan qaytishi uchun λ va θ o'rtasida ma'lum bir shart bajarilishi kerak. Agar biz monoxromatik nurni ixtiyoriy burchak ostida uch o'lchovli kristal panjarasiga tushirsak, hech qanday difraksiya kuzatilmasligi mumkin. Difraksion tasvir hosil qilish uchun biz λ ni yoki θ ni sekin asta o'zgartirish, ya'ni skanerlash imkoniyatiga ega bo'lishimiz kerak. Hozirgi paytda kristallar tuzilishini o'rganishning asosan uch xil usuli qo'llaniladi.

Laue usuli

Bu usulda rentgen nuri M manbadan (9 - rasm) chiqib, D - diafragmadan o'tadi va mahkamlangan K - monokristallga tushadi. Rentgen nurlanishi monoxromatik bo'lmaydi, uning tarkibida iloji boricha katta diapazondagi to'liq uzunlikli nurlar hosil qilinadi.

Ingichka rentgen nuri kristalga tushgach, Bregg-Vulf qonuniga binoan mos yo'nalishlarda difraksion maksimumlar hosil bo'ladi. Bu yorug nuqqalar kristalning oldi va orqasiga o'rnatilgan E – ekrandagi fotoplyonkalarda tasvir hosil qiladilar.

Ushbu usul kristall panjara tuzilishini, simmetriyasini aniqlashda yaxshi samara beradi. Kristallga to'liq uzunliklari turlicha bo'lgan rentgen nurlari tushganligi uchun bu usulda to'liq uzunligi bo'yicha skanerlanmoqda deyish mumkin.



9 - rasm. Rentgen nurlari difraksiyasining Laue usuli.

Kristallni aylantirish usuli

Bunda o'qqa mahkamlangan monokristall shu o'q atrofida aylanib turadi (burchak bo'yicha skanerlash). Monokristalga monoxromatik rentgen nuri tushiriladi. Kristall Bregg-Vulf shartini qanoatlantiruvchi burchakka burilganda fotoplyonkada difraksion maksimum hosil bo'ladi. Bu usul murakkab molekulalar tuzilishini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Kukun (poroshok) usuli

Bu usulda monokristall namuna maydalanib kukun holiga keltiriladi va yupqa shisha idishli kapillyar nayga solinadi. Kameraga mahkamlangan idishga monoxromatik rentgen nurlari tushiriladi. Tushayotgan nurlar Bregg-Vulf shartini bajaruvchi vaziyatda yotgan kristall bo'lakchalaridan qaytadilar. Ushbu usulning qulaylik tomoni shundaki, yirik monokristallarni ishlatishning hojati yo'q.

Agar kristall panjarasining translyasion vektorlari ma'lum bo'lsa, u holda $\mathbf{k}'$ to'lqin vektorli rentgen nuri tushganda difraksiya hosil bo'lish shartlarini ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, $\mathbf{k}'$ yo'nalishda qaytgan rentgen nurlarida difraksiya kuzatiladi. Olinadigan ifoda Lauening difraksiya tenglamalari deb ataladi.

Rentgen mikroskopiya

Rentgen mikroskopiya - rentgen nurlari yordamida kristall moddalar (yarimo'tkazgichlar, metall, qotishma, mineral va b.)ning mikroskopik tuzilishini o'rganish usullari. Rentgen mikroskopiya maxsus asboblari - rentgen mikroskoplari ishlatiladi. Ularning ajrata olish chegarasi yorug'lik mikroskoplarinikiga nisbatan 2 - 3 tartibga yuqori, chunki rentgen nurlarining to'lqin uzunligi yorug'likning to'lqin uzunligiga nisbatan 2 - 3 tartibga qisqa.

Rentgen nurlarini fokuslash va og'dirish uchun linza va prizmalarni ishlatib bo'lmaydi. Rentgen mikroskopiya rentgen nurlarini fokuslash uchun ularning egilgan ko'zgu tekisligidan yoki kristallografik tekislikdan to'la qytish hodisasiga asoslangan.

Qaytargichli rentgen mikroskopi mikrofokusli rentgen nurlanishi manbai, yuziga oltin pardasi qoplangan shisha (kvars)li, egilgan qaytargich – ko'zgu va tasvir detektor (fotoplyonka, elektron-optik o'zgartirgich) dan iborat. Uning yordamida hosil qilingan tasvir, xo'zgular profili juda aniq bo'lganda ham, optik sistemalar aberrasiyalari tufayli buziladi. qaytargichli rentgen mikroskoplarini tayyorlash va ishlatish qiyin bo'lgani tufayli ular keng tarqalmagan.

Proyeksion Rentgen mikroskopiya "nuqtaviy" manbadan chiqayotgan rentgen nurlari dastasi yoyilganda ob'ektning soya proyeksiyasi hosil bo'lishi prinsipiga asoslangan. Proyeksion rentgen mikroskoplari o'ta mikrofokusli rentgen nurlari manbai (fokus diametri $0,1 \div 1$ mkm) dan, tekshirilayotgan ob'ektni va qayd qilish qurilmasi joylashtiriladigan kameradan iborat.

Proyeksion Rentgen mikroskopiyasi meditsina, mineralogiya, metallshunoslik, materialshunoslik va b. da keng qo'llaniladi.

Bu usul yordamida bo'yoqlar, yupqa qoplamalar va kichik buyumlarning ishlov sifatini qam aniqlash mumkin; qalinligi 200 mkm gacha bo'lgan ob'ektlar kesimlarining mikrorentgenografiyasini olishga imkon beradi.

Rentgen struktura analizi

Rentgen struktura analizi - rentgen nurlarchning sochilishi va difraksiyasi natijasida moddaning atom tuzilishini aniqlash usuli. Bu usul asosida rentgen nurlarining modda elektronlari bilan o'zaro ta'siri yotadi. Shu ta'sir natijasida rentgen nurlari difraksiyasi sodir bo'ladi. Difraksion manzara o'rganilayotgan ob'ektning tuzilishi va rentgen nurlarining to'lqin uzunligiga bog'liq. Moddalarning atom tuzilishini o'rganish uchun to'lqin uzunligi $\sim A$ bo'lgan nurlanishdan foydalaniladi.

Rentgen struktura analizi usuli bilan metallar, qotishmalar, minerallar, organik va anorganik birikmalar, polimerlar, amorf moddalar, suyuqliq va gazlar, oqsil hamda nuklein kislota molekulalarini o'rganish mumkii va h.k. Ayniqsa, Rentgen struktura analizi kristall moddalarning atom tuzilishini aniqlashda qo'l keladi, chunki kristall rentgen nurn uchun tabiiy difraksion panjaradir. Bu analizdan fizika, kimyo, biologiya va texnikada (mas., metallar va qotishmalarni mexanik va termik ishlash jarayonlarini o'rganish va nazorat qilishda) foydalaniladi.

Rentgen nurlarining kristalldagi difraksiya hodisasini nemis fiziklari M. Laue, V. Fridrix va P. Knipping ochgan (1912). Ular qo'zg'almas kristallga rentgen nurlarining ingichka dastasini yuborib, kristall orqasida joylashtirilgan fotoplastinkada difraksiya manzarasini hosil qildilar. Bu difraksiya manzarasi ma'lum bir qonuniyat bilan joylashgan bir necha qora dog'lardan iborat edi. Rentgen struktura analizining bir necha metodlari - Laue usuli, namunani aylantirish va tebratish, kristallarni va polikristallarni tekshirish (Debay-Sherrer usuli), kichik burchakli sochilish usullari bor.

Bu usullarda eng oddiysi Laue usulidir. Shu usul yordamida olingan rentgenogramma lauegramma ataladi. Bu usulda namuna siljimay turadi, unga tushayotgan rentgen nurlari spektri uzluksiz bo'ladi. Lauegrammadagi dog'larning joylashishi yrganilayotgan kristallning simmetriyasi va rentgen nurlari dastasiga nisbatan vaziyatiga bog'liq hosil bo'lgan lauegramma ilgaridan ma'lum simmetriya gruppalariga solishtirilib, o'rganilayotgan kristallning qaysi gruppaga taalluqli ekanligi aniqlanadi. Laue usuli monokristallning sifatini bilishda qam ishlatiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Kristall deb nimaga aytiladi?
2. Polikristall deb nimaga aytiladi?
3. Stenon qonuni qanday ta'riflanadi?
4. Gayuri qonuni qanday ta'riflanadi?
5. Elementar yacheyka deb nimaga aytiladi?
6. Panjara doimiysi deb nimaga aytiladi?
7. Brave panjarasi deb nimaga aytiladi?
8. Kristallografiyada nechta oddiy shakllar mavjud?
9. Kristallografiyada nechta sinflar mavjud?
10. Singoniya nima?
11. Kristallarning yo'naltirilganligi nima?
12. Miller ndekslari nima?
13. Miller indekslari qanday aniqlanadi?
14. Kristallarning yo'naltirilganligi qanday aniqlanadi?
15. Bregg-Vulf qonuni qanday ifodalanadi?
16. Kristallarning simmetriyasi qanday aniqlanadi?

GLOSSARIY

AMORF HOLAT - moddaning qattiq nokristall holati; hossalarning izotropligi va erish nuqtasining bo'lmashligi bilan tavsiflanadi

AMORF JISM - *yunon. amorphous – shaklsiz* - o'zini tashkil qilgan mikrozarralari to'g'ri davriy joylashuvga ega bo'lmagan jism

AMORF MODDA - tartiblangan tuzilishga ega bo'lmagan qattiq modda

ANGSTREM - atom fizikasida, molekulyar optika va nanoelektronikada qo'llaniladigan va 10^{-10} m ga teng bo'lgan tizimdan tashqari uzunlik birligi

ANIQLIK - o'lchov qiymatlarining yoki o'lchagich asbob ko'rsatgichlarining kattalikning etalon qiymatiga yoki aniq o'lchagich asbob yordamida topilgan chin qiymatiga yaqinlik darajasi

ANIZOTROP JISM - fizikaviy xossalari unda tanlangan yo'nalishga bog'liq bo'lgan modda

ANIZOTROP MUHIT - fizikaviy xossalari unda tanlangan yo'nalishga bog'liq bo'lgan muhit

ANIZOTROPIYA - muhit fizikaviy xossalarining turli yo'nalishlarda bir xil bo'lmashligi

ATOM KRISTALL - panjarasi tugunlarida elektrik betaraf atomlar joylashgan kristall

ATOM - kimyoviy element xossalarini o'zida saqlaydigan uning eng kichik qismi

BIR JINSLI MUHIT - muayyan fizikaviy xossalari koordinatalarga bog'liq bo'lmagan muhit

BIR JINSLI TIZIM - hamma qismlarida xususiyati bir xil bo'lgan tizim

BIR O'QLI KRISTALL - faqat bitta optik o'qqa ega bo'lgan kristall

BRAVE PANJARASI - kristall panjara simmetriyasining mumkin bo'lgan xillarini tavsiflovchi uch o'lchovli geometrik panjaralardan biri

BRILLYUEN SOHASI - to'liq vektorlarining fazoviy sohasi; uning ichida kristalldagi elektron energiyasi uzluksiz o'zgara boradi, chegaralarida esa uziladi

ELEMENTAR YACHEYKA - kristall atom tuzilmasini uch o'lchovda parallel ko'chirish bilan butun kristall panjarani yasash mumkin bo'lgan qismi

IDEAL KRISTALL - tuzilish nuqsonlari bo'lmagan kristall

IZOMORFIZM - *yunon. isos - birday, teng va morphe - shakl, ko'rinish* - o'xshash kimyoviy formulaga va bir xil kimyoviy bog'lanishlarga ega moddalarning atom-kristall tuzilishi bilan uning kristallari tashqi yoqlarining to'la o'xshashligi

IZOTROP JISM - barcha yo'nalishlarda xossalari birday bo'lgan jism

IZOTROP MUHIT - barcha tanlangan yo'nalishlarda fizikaviy xossalari birday bo'lgan modda

IZOTROPIYA - barcha yo'nalishlarda muhit fizikaviy xossalari-ning birdayligi

KOVALENT KRISTALLAR - kovalent kimyoviy atomlararo bog'lanishli kristallar

KRISTALL PANJARA - atomlar, ionlar va molekulalarning fazoda davriy takrorlanishi bilan tavsiflanadigan va qattiq jismlarga xos joylashishi

KRISTALL PANJARA - moddaning uni tashkil qiluvchi mikrozarralarning fazoda davriy takroriy joylashuvi bilan tavsiflanuvchi kristall holatga xos tuzilishi

MONOKRISTALLAR - yagona kristall panjaraga ega bo'lgan yakka kristall

MONOKRISTALL - o'zining butun hajmida yagona kristall panjaraga ega bo'lgan kristall

NOBIRJINS MUHIT - muayyan fizikaviy xossalari koordinatalarga bog'liq bo'lgan muhit

OPTIK ANIZOTROPIYA - muhitda optik nurlanish (yorug'lik) tarqalish yo'nalishiga va qutblanishiga bog'liq tarzda muhit optik xossalariining turlicha bo'lishi

YORUG'LIK NURI - yorug'lik energiyasi tarqaladigan chiziq

G'ADIR-BUDUR SIRT - sirt bo'ylab yorug'likning to'lqin uzunligicha masofaga o'tilganda uning egrilik radiusi to'lqin uzunligiga monand o'zgaradigan sirt

ADABIYOT

1. Teshaboyev A., Zaynobiddinov S., Karimov I., Raximov N., Aliyev R. Yarimo'tkazgichli asbolar fizikasi. Andijon. "Hayot". 2002.

2. Зайнобиддинов С., Тешабоев А. Яримўтказгичлар физикаси. Т. "Ўқитувчи", 1999.

3. Тешабоев А., Зайнобиддинов С., Мусаев Э.А. Яримўтказгичлар ва яримўтказгичли асбоблар технологияси. Т. "ЎАЖБНТ" Маркази, 2005.

4. Азизов М.А. Ярим ўтказгичлар физикаси. Т. "Ўқитувчи", 1974.

5. Ҳабибуллаев П.Қ., Назиров Д.Э., Отажонов Ш.О., Назиров Д.Э. Физика изоҳли луғати. Т. "Ўзбекистон Миллий энциклопедияси" давлат илмий нашриёти, 2002.

6. Nazirov E.N., Nazirov D.E., Teshaboyev A.T. Yarimo'tkazgichlar fizikasi lug'ati. Т. "Universitet", 2008.

7. Nazirov D.E., Otajonov Sh.O., Eshchanov B.X. Optika lig'ati. Т., «O'zbekiston Milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti, 2013.

8. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М., «Мир», 1988.

9. Шаскольская М.П. Кристаллография. М., «Высшая школа», 1984.

10. Жданов Г.С. Основы рентгеноструктурного анализа. М., 1940.

11 Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Рентгеноструктурный анализ. М., 1964.

12. Липсон Г., Кокрен В. Определение структуры кристаллов. Пер. с англ., М., 1961.
13. Концевой Ю.А. Твердотельная электроника. М. Высшая школа. 1997.
14. Козлов И.Г. Современные электронные приборы. М. Атомиздат. 2004.