



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНДАҒЫ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР. ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕР ТЕОРИЯСЫ ТУРАЛЫ МАҒЛҰМАТТАР. (5-6 дәріс)



Жоспар:

1. Физикалық өрістердің жыныс массивтеріне әсері
2. Тау жыныстарын физикалық қасиеттері бойынша жіктеу
3. Қатты денелер теориясы туралы мағлұмат.
4. Қатты денелер құрылымы.
5. Кристалдар торының энергиясы.
6. Кристал ақаулықтары.



Тау жыныстарының физика-техникалық қасиеттері минералдық құрам және сыртқы өрістер (қоршаған орта) жағдайына байланысты анықталады

Әрбір өріс өзіне тән кернеу, қарқындылық және тағы да басқа бірқатар шамалар тізбегмен бағаланады.

Механикалық өріс жыныстарда пайда болатын күш пен кернеулер шамасына, олардың әсер ету ұзақтығы мен өзгерістеріне, көлемге тікелей жазық немесе сызық бойымен тарап-бөліну жағдайларына қарай сипатталады. Ал, *акустикалық өріс* механикалық өрістің ерекше жағдайы ретінде қаралады. Ол да негізінен механикалық күштерге ұқсас серпімділік толқындардың жыныстарда таралуымен ерекшеленеді.

Жылу өрісі, температура және оның градиенті, жылу ағымы мен бағыты, уақытқа тәуелді өзгерісі, олардың жыныстарда таралу қабілетімен анықталады.

Электр және магнит өрістері кернеу және кернеулілік, магнит және индукциялар шамасымен ағым тығыздығы арқылы бағаланады.



Электромагниттік өріске жыныстарда электромагниттік толқындардың таралу құбылысы жатады. Бұл өрісті сипаттау ҮШІН электр және магнит өрістерінің параметрлерімен қатар тербеліс жиілігін де ескеру қажет.

Радиациялық өріс кванттар энергиясы, тербеліс жиілігі, өріс тудырушы микробөлшектердің түрі мен қарқындылығы арқылы сипатталады.

Заттық өріс көбінесе су немесе табиғи газдардан тұрады. Өріс сипаты олар тудыратын қысым мен оның өзгерісі, тұрақтылығы, химиялық құрамы арқылы білінеді. Тау жыныстарында кездесетін өрістер табиғи және жасанды болып келуі мүмкін.

Табиғи өрістер қатарына тау қысымы, жылу және радиация әсері, жыныстар ылғалдылығы жатады.

Жасанды сыртқы өрістер кен жұмыстарын атқаруға байланысты /жарылыстың жақын массивтерге динамикалық әсері, скважина бұрғылау кезінде температураның өсуі және т.б./ пайда болады.



Массивтегі физикалық процестер жыныстар мен физикалық өрістер арасындағы әрекеттестікке тікелей байланысты туындайтын құбылыстар жағдайында өтеді. Осының салдарынан тау жыныстарының құрамы мен құрылысында әртүрлі өзгерістер пайда болады.

Жыныстардың физикалық қасиеттері мен параметрлерін *үш топқа* бөлуге болады. *Бірінші топқа* энергия немесе зат мөлшерінің қайтымды өзгерістерге ұшырауын бағалаушы параметрлер кіреді. Оларға көлемдік қысым өлшемі K , диэлектрлік өткізгіштік ϵ , меншікті жылу сыйымдылығы C , ылғал сіңгіштік ω және т.б. жатады. Бұл параметрлердің көпшілігінде статикалық, жинақтағыш ерекшеліктер бар. Сондықтан оларды *скалярлы параметрлер* деп атайды.



Жыныстар энергиясының басқа бір түрге қайтымсыз ауысуын бағалаушы екінші параметрлер қатарына пластикалық коэффициент R , диэлектрлік жоғалым шамасын анықтаушы тангенс бұрышы $\operatorname{tg}\delta$, меншікті жылу ерігіштігі $Q_{\text{ср}}$, серпімді және электромагнитті толқындарды сіңіру коэффициенттері Θ , беріктік шектері σ_k , σ_c , жылу әсерінен ұлғаю коэффициенттері $\alpha, \gamma_{\text{ж}}$ электрлік E_B , магниттік H_6 беріктіктік және т.б. жатады.

Энергия және жыныстар ішінде сұйықтар мен газдар таралуы процестерін сипаттаушы үшінші топқа жылу өткізгіштік коэффициенті λ , меншікті электр өткізгіштігі $\sigma_э$, магнит өткізгіштігі σ_m , толқынның сыну n және шағылу $K_{\text{ш}}$ коэффициенттері және т.б. жатады. Тау жыныстарында екі түрлі физикалық процестерді кездестіруге болады. Бірінші түрін жыныс құрамы мен кристалдық тордың құрылымына сәйкес әртүрлі эффектпен /күшті әсермен/ ерекшеленетін минералдар туғызады. Ал екінші түрі жыныс минералдарының ерекше жағдайы мен үйлесімділігіне қарай қалыптасады. Мысалы, бірінші түріне кварцты жыныстың серпімділік модулінің 573°C жоғары температурада өсу эффектісі жатса, екінші түріне - жынысты біркелкі қыздырған уақытта ішкі түйіраралық жылу кернеуінің пайда бөлуы жатады.



Жыныстық қасиеттердің сыртқы факторлар әсерінен күрделі өзгерістерге ұшырауының басты себептері қатарына жататындар:

I. Жыныс құрамының өзгерісі. Түтіктер, жарықшақтар және саңлаулардың сұйықтар мен газдарға қанығуы, температура төмендеген сайын судың мұзға айналуы, кейбір минералдардың тотығуы, ылғалдылығын жоғалтуы немесе химиялық бөлшектенуі салдарынан болады;

II. Жыныстың тығыздалу дәрежесінің өзгерісі. Механикалық қысым күшінің немесе қыздырып-салқындатқан кезде пайда болатын ішкі әсері салдарынан бітеліп, жарықшақтардың жабылуы немесе созылу күші мен қыздырып-суытқан кезде туындайтын термиялық кернеу әсерінен жыныстардың ұсақталуы, жарықшақтардың ашылуы, минералдардың ерігіш әффектісіне байланысты өтеді;

III. Жыныс бөлшектері арасындағы байланыс күштерінің өзгерісі. Бөлшектер арасындағы байланыс күштерінің төмендеуі минералдарды қыздырған кезде немесе сұйықтардың бөлшек арасына сіңіп таралуы кезінде байқалса, ал олардың керісінше өсуі- жыныстарды салқындатуға байланысты өрбиді.



Қазіргі таңда белгілі болып отырғандай, толып жатқан жыныстар жіктелуінің негізгі нышаны ретінде бір немесе екі ғана параметр алынып отырған. Тау жыныстарын параметрлер шамасына байланысты топтастырған. Осындай дербес жіктеулер, әрине, алдын-ала шартқа енген қасиеттерді қараған кезде мүмкін болады. Олардың қатарына, мысалы, жыныстарды кеуектілігіне, беріктігіне, бұрғылампаздығына, жарылысқа берілімпаздығына байланысты жіктеулер жатады.

Соңғы кезде кеңінен қолданылып жүрген магмалық, тұнбалық немесе метаморфтық жыныстардың жалпы петрографиялық және генетикалық жіктелуі оларды минералдық құрамы мен структуралы-текстуралық ерекшеліктеріне қарап жүйелеуге арналған. Олар белгілі нышан /құрылыс пен құрам/ бойынша белгісіз жыныстың атын білуге мүмкіндік береді. Бірақта жыныстарды физикалық қасиеттері бойынша бір жүйеге келтіру үшін петрографиялық жіктеу жеткіліксіз екендігін айта кету керек.



Тау жыныстарының физикалық ерекшеліктерін толық қамти алатын жіктеу тәсілі негізгі қасиеттерге айқын әсер етуші интегралдық тұрғыдан негізделінуі қажет. Егер бүкіл тау жыныстарын ішкі факторлардың негізгі түрі бойыша біріктіріп топтаса, онда әрбір жыныстың физикалық параметрлері мәнін алдын-ала анықтауға мүмкіндік туады. Басқаша айтқанда, жыныстарды физикалық қасиеттері бойынша жіктеудің мақсаты орындалады. Осы мақсатта тау жыныстарын құрамы мен құрылымы бойынша топтауға сәйкестелген негізгі нышандары белгіленеді. Мысалы, минералдық құрамы бойынша әсер етуші негізгі 20 минералды қарауға болады. Олар кварц, дала штаты, оливин, пироксендер, доломит, күкірт тотығы, апатит, серпентин, кальцит, нефелин, гипс, галоидтар, лай саздар, слюда, күкірт, хлорит, көміртектілер, магнетит, темірлер, руда түріндегілер.



Жыныстың статикалық түрінің құрылымы сандық бағаны түйір және түтіктер шамасы бойынша олардың әр тектілігіне байланысты алады. Мұндай жыныстар көбінесе *изотропты* болып келеді.

Матрицалық құрылымға жататын жыныстардың ішінде кездесетін қосындылар мен қуыстар изометриялы болса, онда оларда изотропты деп есептелінеді.

Егер жыныстардағы қосындылар, қуыстар немесе оның бөліктері созылымды формада қалыптасса, онда олар *анизатропты* жыныстарға жатады. Осы тектес жыныстар құрылымы, түйір өлшемі, олардың ауытқуы дәрежесімен, сонымен қатар бір көлемдік өлшемге келетін жолақтар, арналар, қабаттастықтар саны (шамалары) арқылы бағаланады. Жыныстар бір топтан екінші топқа құрылым нышаны бойынша ауысса, олардың жағдайы күрт өзгереді. Егер кеуексіз тастақты жыныстар бір фазалы келсе, онда кеуектілер ең құрығанда екі фазалы, ал кеуекті байланысты және борпылдақ жынысты бөлшектер, байланыстары өте қатты әлсіреген екі фазалы құрамнан тұрады.



Қатты денелер табиғатта кристалды және аморфты болып кездеседі, Кристалдарға атомдары, иондары және молекулалары өзара ретті тәртіппен орналсауы тән. Аморфты денелерді құраушы заттар тәртіпсіз, жақын қашықтықтарда орналасады, сондықтан оларды ретсіз орналасу деп атайды.

Кристалдық структураға түйіндерінде қатты денені құраушы бөлшектер орналасқан кеңістік тор жатады. Тордың элементар ұясы деп үдемелі қозғалыс /трансляция/ арқылы біртіндеп кристалдың толық қалпын құрастыруға болатын біршама көлемді айтады. Кристалдар әртүрлі симметриялық элементтерден /өстер, жазықтықтар/ тұрады. Элементар ұяның геометриялық формалары да әртүрлі болады. Элементар ұяның бөлшектер мен форма қырларының мөлшеріне және олардың өзара орналасуына байланысты кристалды торлардың тек 14 түрі ғана бар. Осы заңдылықты 1848 жылы француз кристаллографы О.Браве ашқан. Бұлардың ішіндегі жай кубті бөлшектер тік бұрышты параллелепипедтің бұрыштарына орналасады, көлем орталықты кубті бөлшектер / тік бұрыштары және диагоналдар қиылыстарында/, жақ орталықты кубті бөлшектер / бұрыштары мен жақтарының орталығына/ және т.б. торларды атауға болады. Осындай торлар **Браве** торлары деп аталады.



Кристалдардағы әртүрлі симметриялық элементтердің комбинация /қабысу/ саны өте көп болуы мүмкін. Белгілі орыс кристаллографы *Е.С Федоров* олардың ең жоғарғы мөлшері 230-бен шектелетін 1890 жылы математикалық жолмен дәлелдеген. Кристалдарды геометриялық формалары мен құраушы бөлшекаралық күштер түріне де байланысты жіктейді. Кристалл бөлшектері арасындағы байланыс күштері табиғаты негізінен электростатикалық, көбіне зарядтар арасында өтеді. Бөлшектер арасындағы құрастыру күштеріне қарай кристалдар келесідей төрт түрге бөлінеді:

І. Ионды кристалдар - мұнда кристалл құрайтын бөлшектер /иондар/ тор бұрыштарына орналасады. Мұндай құрылым көбінесе металдардың галогендік қосындыларына байланысты болады. Мысал ретінде ас тұзын және басқа да тұздарды алып қарауға болады. Тор кубінің әр бұрышында натрий ионы /Na - катион/ мен хлор ионы /Cl / кезектесіп келеді. Бұл жерде натрий атомдық радиусының кіші мәніне, ал Cl - үлкен мәніне сәйкес. Табиғи минерал қосындыларының көп түрлері осы иондық кристалдарға жатады;




II. Коваленттік кристалдар р-ортақ валентті байланысы бар кристалдар. Оларда көршілес екі атомның арасында да ортақ екі электроннан тұратын байланыс "көпірше" пайда болады. Осындай байланыстар алмаз, графит кристалдары торларына тән. Бұл кристалдарда көміртегінің бір атомын соған ұқсас төрт атом қоршап тұрады. Осы типтес байланыстарды әр түрлі элементтерден құралған кристалдар атомы арасында да кездестіруге болады. Мысалы, SiO, SiC т.б. кристалдар.

III. Металл кристалдары. Металл кристалдары торларының түйіндерінде оң зарядталған иондар орналасқан, ал валентті электрондар "ортақтастырылған", немесе олар барлық кристалдарға ортақ роль атқарады. Оң зарядталған бөлігі "электрон газымен" шайылады, немесе электронды сұйықта қалқып жүреді. Бұл байланыстарда молекулалар өзінің дербестігін жояды.



Кристалл түрлері	мысалы	Байланыс энергиясы ккаль/моль
Иондық	NaCl	180
	SiF	240
Коваленттік	алмаз	170
	SiS	283
Металды	Na	26
	Fe	94
Молекулалық	CH ₄	2,4

IV. Молекулалық кристалдарда молекулар тор түйіндерінде орналасады, ал олардың арасында әлсіз Вандер-Ваальс күштері әсер етеді. Осындай байланыс көбінесе органикалық кристалдарға тән, сондықтан олар оңай балқығыш, ұшпалы келеді. Байланыс түрлері қатты денелерді атомға /ковалентті және металл кристалдарында/, иондарға /иондық кристалдарда және молекулаға/ молекулалық кристалдарда/ бөлу үшін қажет энергия шамасын қалыптастырады. Осындай энергияны байланыс энергиясы деп атайды.  Әртүрлі кристалдардағы байланыс энергиясының комната температурасыдағы мәні кестеде келтірілген.

Қатты денелердегі кристалл торларының орнықтылығы олардың түйіндерінде орналасқан бөлшектер арасындағы байланыс күштерімен қамтамасыз етіледі. Бұл күштер сонымен қатар сыртқы өрістер әсеріне де қарсылық көрсетеді. Осыған сәйкес бөлшектер арасында тартылыс және тебіліс күштері пайда болады. Түсінікті жеңілдету мақсатында кристалл иондарын бетіне зарядтары біркелкі орналасқан сфера шар деп есептейік. Мұндай жағдайда бөлшектердің өзара әсер күші мен энергиясы олардың ара арақашықтығына тікелей байланысты болады. Борн теориясы бойынша екі бөлшек арасындағы потенциалдық энергия әсері

$$U(r) = \frac{e^2}{r} + \frac{B}{r^n}$$

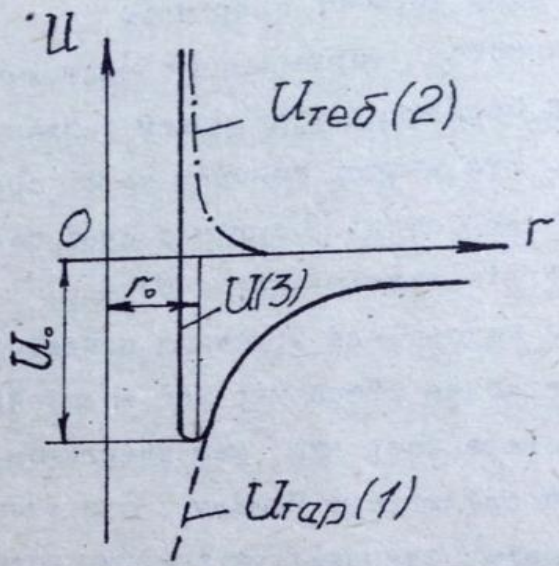
мұндағы r - бөлшектер ара қашықтығы,

e - электрон заряды,

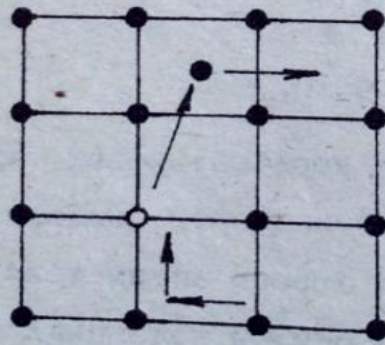
B, n - тұрақты шамалар / $n=9-10$ /.

Бұл формуланың бірінші қосындысы электростатикалық тартылысты, ал екінші - тебілісті көрсетеді. Функцияның сызбасы 7-суретте келтірілген, мұндағы $U(r)$ - қисық сызығы ассиметриялы. Бөлшектер ара қашықтығының тепе-теңдік шамасы потенциалдық энергияның кіші мәніне U_0 сәйкес. Егер $r > r_0$ болса, онда $r > r_0$ тармағы бөлшектер арасындағы тартылысты, ал $r < r_0$ - тебілісті көрсетеді /9/.

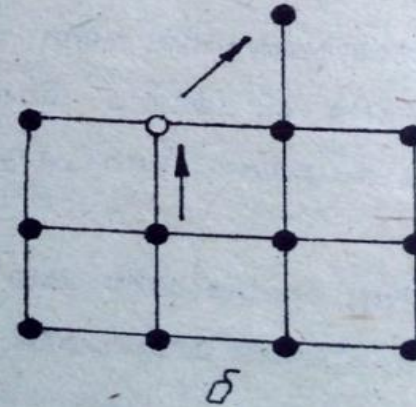
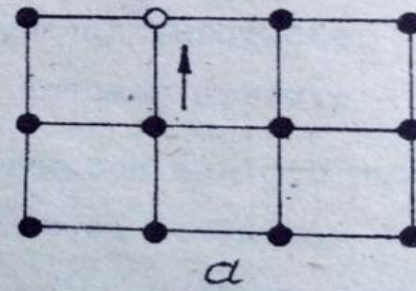




7 - сурет



8 - сурет

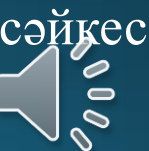


Бөлшектер

арасындағы күш әсерін потенциалдық энергияның ара қашықтық арқылы алғандағы туындысы ретінде керсетуге болады.

Бұл сызбада 7-суретте көрсетілген.

Суретте көрсетілгендей, бөлшектер бір-біріне тепе-теңдіктен кем қашықтықта жақындаса, онда оның әрі карай кемуіне кедергі жасайтын тебу күштері күрт өседі. Бөлшектер ара қашықтықтарының өсуіне байланысты тартылу күші пайда болады, оның ең үлкен шамасы $r \gg r_0$ қашықтығына сәйкес келеді.



Ал r шамасы r_1 -ден асқан кезде тартылыс күші азая бастайды. Тартылыс күшінің максимал шамасына қарап кристалдың теориялық төзімділігі туралы жорамал жасауға болады, ал шамасы бойынша оның күйреуі кезіндегіде формациясының ең жоғарғы мәнін анықтауға болады.

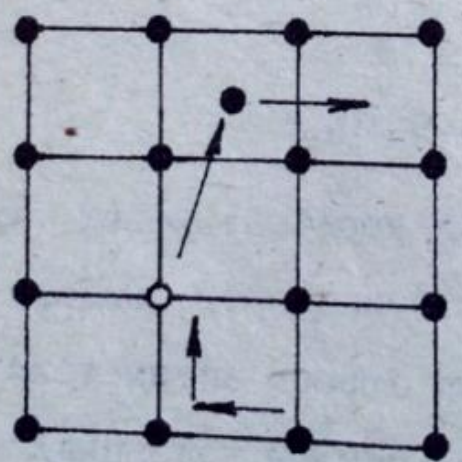
Кристалдық тор түйіндеріне орналасқан бөлшектердің тепе-теңдік жағдайындағы тербелістерінің қарқыны дене температурасымен байланысты. Осындай жылу әсерінен болатын тербеліс олардың түзу бағытта орналасуын өте аз шамада бұзып, структурасының өзгеруіне әкеліп соғады .

Табиғи кристалдардың кристалдық торы физикалық ауытқуларға анағұрлым үлкен шамада ұшырайды. Табиғи және идеал кристалдардың физикалық қасиеттерінің айырмашылығын структура ақаулықтары арқылы түсіндіруге болады. Ақаулықтар айырмашылығы олардың өлшемімен аныкталады. Егер өлшем шамасы атом аралық қашықтықпен сәйкес келсе, ол микроскоптық, ал одан бір немесе одан да жоғары ретте үлкен болса, *макроскоптық* деп аталады.

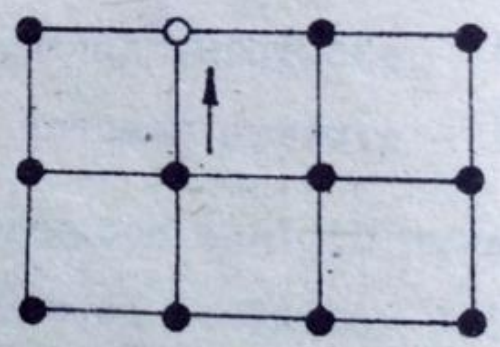


Нүктелік ақаулардың микроскоптық өлшемі үш бағытта аныкталады. Бұларға жататындар: "вакансиялар" немесе тор түйіндерінде атомдар мен иондар босатқан "орындар", түйін аралық атомдар мен иондар, уақытша кездесетін ауытқулар түрі, олар тор түйіндерінде орналасқан кристалл кұрайтын бөлшектерге қарағанда мөлшері аз не көп болып келетін қосынды атомдар мен иондар. Бұл ауытқулар түрі келесі - суретте берілген. Кристалл кесіндісі бойынша пункттермен тордың өзгеріске ұшыраған бөлігі көрсетілген. Түйін аралық атомы бар вакансияларды *Френкель ақаулығы* дейді. Микроскоптық өлшемдері бойынша екі бағытта, ал макроскоптық өлшемдері бір бағытта қаралатын ақауларды *дислокация* /жылжымалы ақаулықтар/ деп атайды. Кристалл дислокациясы *шеттік* және *бұрама* дислокациялар қаптастығы /комбинациясы/ түрінде қарауға да болады. Дислокацияның осы екі түрі де кристалдың бір бөлігінің екінші бөлігі арқылы сырғуы салдарынан пайда болады.

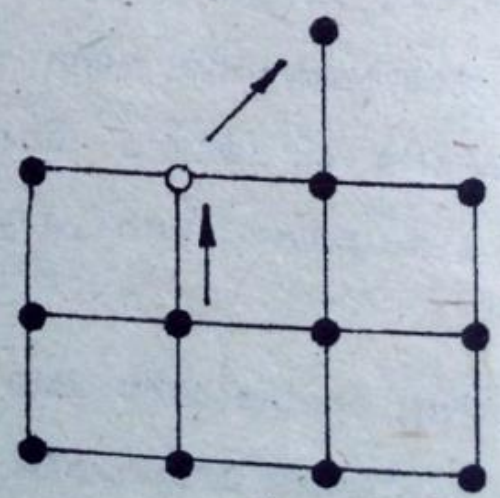




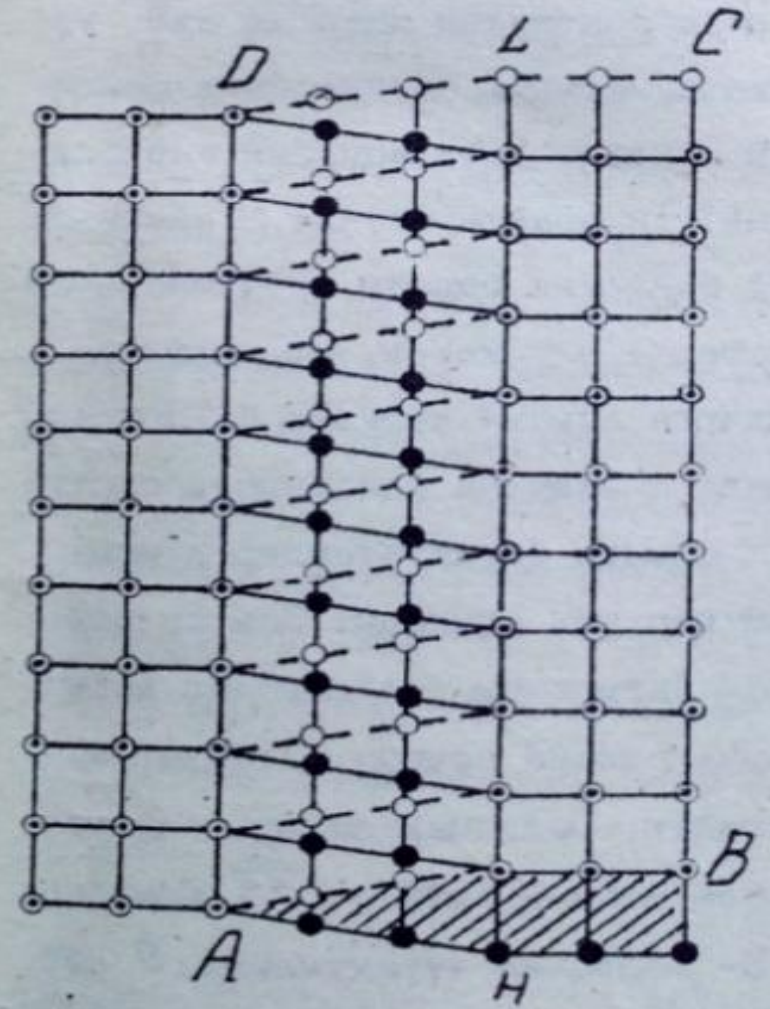
8 - цупет



a



б

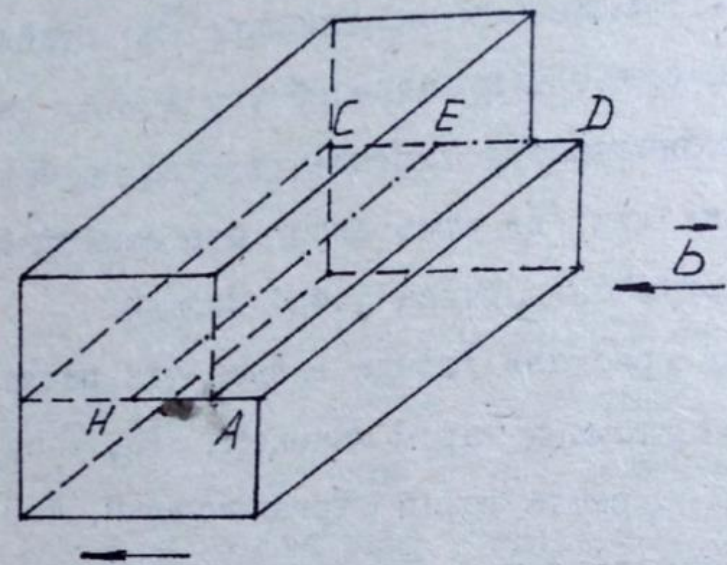


Шеттік дислокация кристалл ішінде кездесетін реттен тыс артық /кем/ орналасқан атомдық жарты жазықтық арқылы кескінделеді. Суретте көріп тұрғанымыздай, тор өзгерісі /пункттермен белгіленген / сызық жазықтығына перпендикуляр бағытта созылып жатыр. Шеттік дислокация суретте аударылып орналасқан T таңбасымен белгіленеді. Бұрама дислокацияны бұрғы жолақтар түрінде қарауға болады.

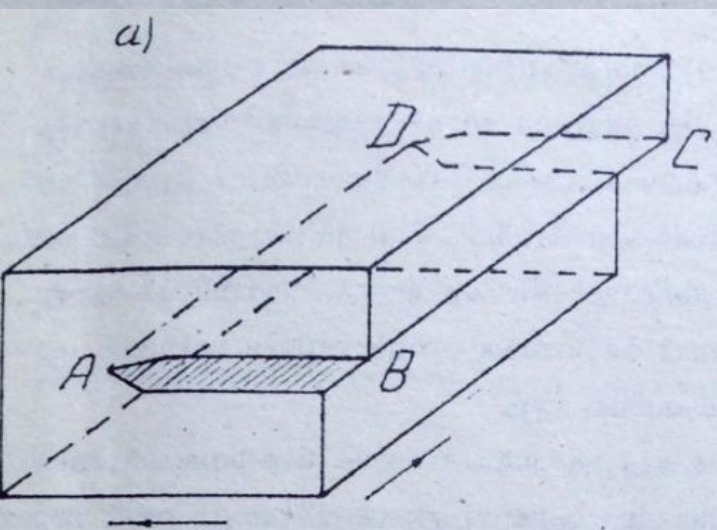
Беттік ақаулар микроскоптық бір бағытта, ал макроскоптық екі бағыттағы өлшем шамасымен анықталады. Олардың қатарына түйір аралық шектеулерді жатқызуға болады.

Кристалдарда кездесетін ақаулықтар бөлшектердің әрекеттесу жағдайларына үлкен әсер етеді. Оны атомдардың периодты қатары бойымен немесе вакансиялар мен дислокациялар ақаулығы қатары бойымен әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы шамаларынан көруге болады. Кристалл структурасының өзгеруі салдарынан "потенциал шұқыры" таязданады. Бұл құбылыстың кристалдарда болатын физикалық процестерге әсерін кейінде қарастырамыз.

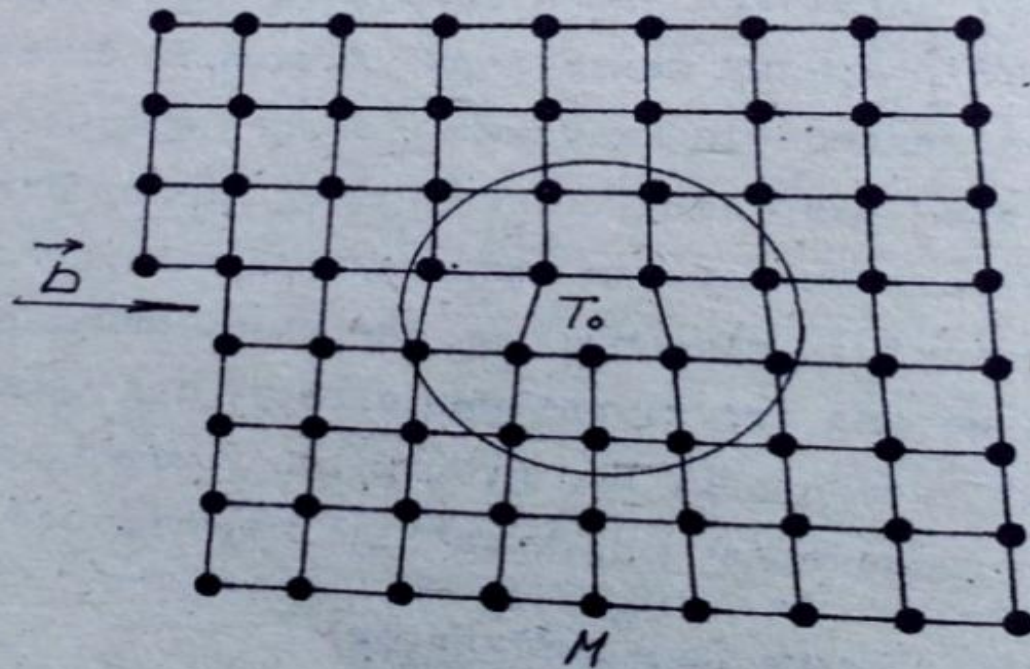




IO - сурет



б)



II - сурет



Атомға бір тепе-теңдік жағдайдан басқа бір осындай жағдайға ауысуы үшін потенциалдық бөгетті /шаманы/ жеңіп өтуі керек. Бұл шаманы *активациялық энергия* дейді. Қатты денелер үшін активациялық энергия шамасы $I_{эв}$ болады. Потенциалды бөгеттен өту үшін энергияның айтарлықтай флюктуациясы /тербелісі/ керек. Структурасы сақталған идеалды екі, үш немесе көптеген атомдардың орын ауыстыру нәтижесінде пайда болатын диффузия түрлері болуы мүмкін. Активациялық энергияның жоғары мәні процесс мүмкіндігін азайта түседі. Табиғи кристалдарда басқаша көріністі байқауға болады. Өйткені атомдарға потенциалды өте аз бөгеттерді өту керек, ал диффузия жекелеген атомдардың бос орындарға ауысып кетуіне байланысты пайда болады. Атомның бос орынға ауысуына байланысты ол тұрған түйін бос қалады. Енді сол орынға басқа атомдар ауысып келіп, процестің әрі қарай дамуына жол ашады. Осы сияқты кристалдар ішінде қарама-қарсы бағыттағы қозғалыстар қалыптасады.



Френкель релакциялану уақыты немесе атом мен ионның отырғыштық өмірінің ұзақтығы деп атом ішінде өзін қоршаған ортада бір қалыпты тепе-теңдік жағдайда тербеліп тұруын атайды.

Механикада қабылданған микроскоптық феноменологиялық тұрғыда есеп айырған кезде релаксация статикалық орташа мәнін алу керек. Бұл параметрге қатты денелердің пластикалық қасиеттерін қараған кезде толығырақ тоқталамыз.



Негізгі әдебиет тізімі

1. Арыстан И.Д. Лабораторные работы по курсу «Основы физики горных пород» (для специальностей 0201, 0202, 0206, 0586, 0634). Караганда, 2012.
2. Протосеня А. Ж., Тимофеев В. А. Геомеханика. - Спб.: Санкт-Петербург мемлекеттік тау-кен институты, 2018. - 117 б.
3. Баклашов и. в., Картозия Б.А., Шашенко а. Н., Барисов В. Н. Геомеханика: университеттерге арналған оқулық / в 2 т. геомеханикалық процестер. – М.: Мгги баспасы, 2014. - Т. – 249 Б.
4. Макаров А. Б. Практическая геомеханика: тау-кен инженерлеріне арналған нұсқаулық. – М.: "тау кітабы" баспасы, 2016. - 391 Б.
5. Оловянный А. Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород – СПб.: «Көбейту ғылыми орталығы» ФГУП ВНИИ, 2013. - 234 б.
6. Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд. - М.: МГМУ баспасы, 2015. - 542 Б.