УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА МАТЕМАТИКУ И ИНФОРМАТИКУ

АНТИСИМЕТРИЈА КРИСТАЛА И ОБОЈЕНЕ ГРУПЕ СИМЕТРИЈЕ

МЕНТОР:
Проф. др Светлана Р. Лукић

АУТОР:
Дара Бошковић
281/06

Нови Сад,
МАЈ, 2010.

УВОД

Неки монокристали имају правилне облике, па их дефинишемо као тела оивичена равнима, ивицама и угловима.

Кристални систем је скуп кристалних облика који се могу свести на заједнички систем кристалних оса симетрије. Разликује се седам система: кубни, тетрагонални, орторомбични, моноклинични, триклинични, хексагонални и тригонални.

Једна од особина кристала је и симетрија, али А.В. Шубников уводи и појам антисиметрије кристала.

Пре обраде теме Антисиметрија кристала и обојене групе симетрије, неопходно је схватити појам симетрије кристала.

У најширем смислу под појмом симетрије подразумева се пресликавање неке геометријске фигуре у подударну фигуру. Разликују се : *осна симетрија, централна симетрија* и *симетријска раван.*

Изучавајући кристалне форме "...обично се под појмом симетрије подразумева инваријантност конфигурације у односу на одређену геометријску трансформацију. Таква трансформација која може бити произвољне сложености назива се симетријски преображај." (С. Р. Лукић, Д. М. Петровић, Експериментална физика кондезоване материје) Ако се ради о пресликавању на самог себе онда уводимо појам *аутоморфизма*.

Као што је на почетку речено елементи симетрије на које се изводе преображаји су: *раван (површ), права линија* и *тачка.*

Симетријска функција **равни** реализује се као *огледалска раван* (*раван симетрије*) са ознакама m, или P, или σ. У принципу то је замишљена површ која дели простор или тело на два дела попут лика у огледалу. То се назива *рефлексија (огледање).*

Симетријску функцију реализује **права** као *оса ротације,* односно као замишљена линија око које се ротацијом постиже аутоморфизам. У кристалу су једино могуће осе првог, другог трећег, четвртог и шестог реда и означавају се најчешће са n, или C_n, или L_n, где n одговара реду осе симетрије.

Тачка се јавља у облику (форми) *центра симетрије* односно *центра инверзије.* Она сваки елемент простора пресликава на тај начин, што на правој "...која пролази кроз ову тачку на једнаким растојањима налазе идентични елементи." (С. Р. Лукић, Д. М. Петровић, Експериментална физика кондезоване материје) Центар инверзије се означава са $\bar{1}$, C, или ређе са S_2.

У уводном делу овога рада држала сам се најкраћих формулација појма симетрије, како бих лакше и боље схватила суштину антисиметрије кристала.

Користећи расположиву литературу приступила сам изради задате теме у уверењу да ћу схватити суштину антисиметрије кристала.

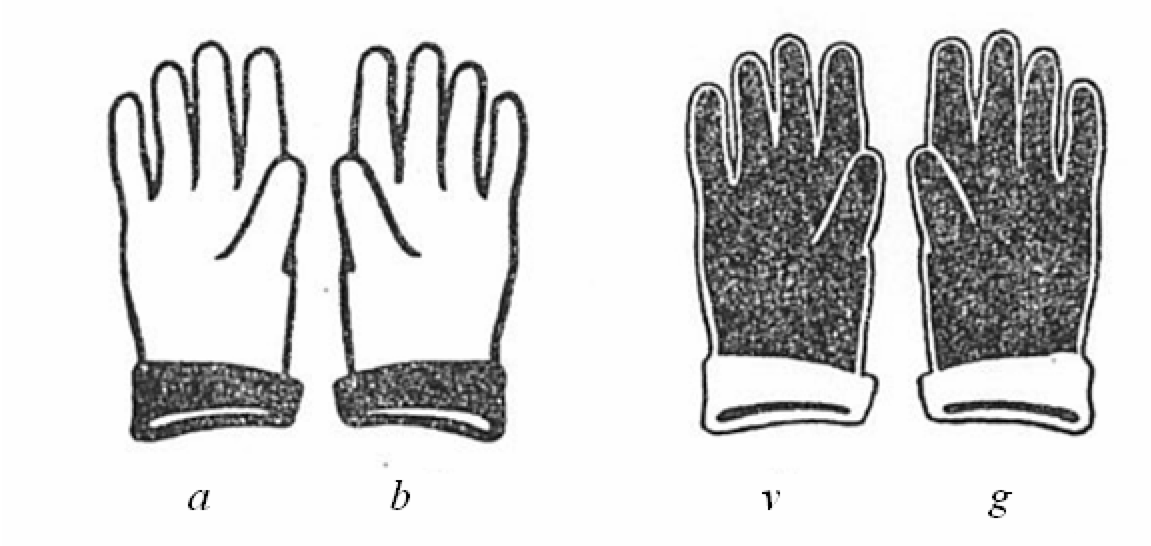
АНТИСИМЕТРИЈА КРИСТАЛА И ОБОЈЕНЕ ГРУПЕ

Године 1951. А.В. Шубников се појављује са предлогом, да у сврху изучавања симетрије кристала, уведе и појам антисиметрије. Посебно је имао у виду операције при којима се поред геометријских облика мењају и неке друге особине кристала (нпр. боја).

Уобичајно је да се код симетрије кристала лева страна изједначава са десном, односно да је лева фигура једнака десној фигури, па се како наводи Шубников, по тој аналогији може погрешно закључити да је позитивна фигура једнака негативној фигури. Тај облик једнакости он назива *супротном једнакости* (*антиједнакости)* или *антисиметријом.* Типичан пример најједноставнијих антиједнаких фигура налазимо, по Шубникову, у мноштву примера: медаља и отисак на њој, шраф и навртањ, печат и отисак итд.

Када се говори о примерима из кристалографије могу се узети, по форми једнаки позитивни и негативни кристали. (слика1) То су срасли кристали чије се унутрашње површине додирују при чему је једна страна обично избочена, а друга улегнута.

П.М. Зоркији (Симетрија молекула и кристалних структура) наводи пример антисиметричности четири типа фигура (нпр. рукавице) (слика2).



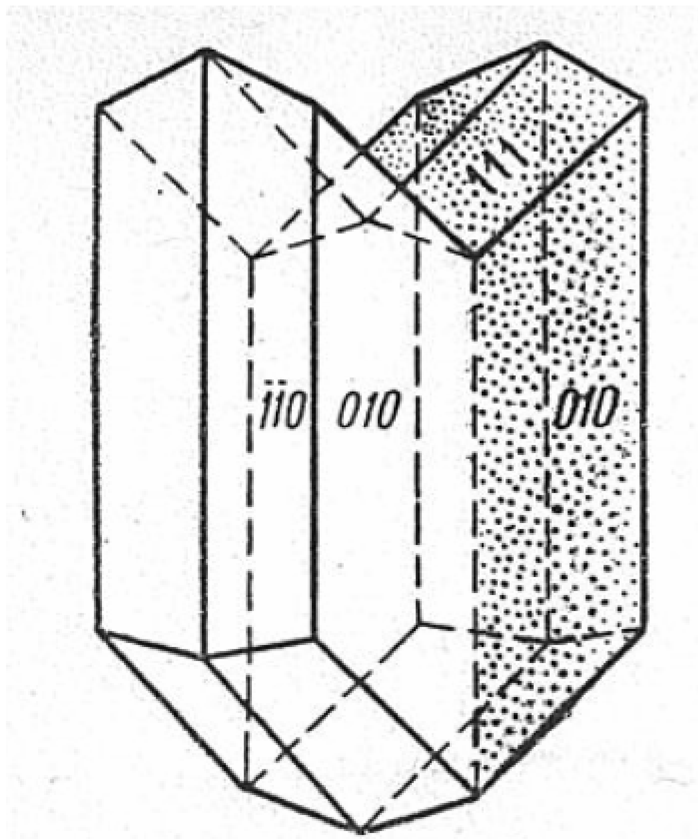
Слика2.
Случај једнакости фигура узимајући у обзир антисиметрију
(
$a-a, b-b, \ldots$ – сличност; $a-b$, $v-g$ – огледна једнакост; $a-v$, $b-g$ – антисличност; $a-g, b-v$ – огледна антиједнакост
)

Аналогно симетричним фигурама, једнаких делова Шубников разматра и антисиметричне фигуре састављене у целини или делимично од антиједнаких делова (како у примеру рукавица). Елементи симетрије фигура своде се на просте и сложене осе симетрије (центар инверзије одговара оси инверзије првог реда; равни симетрије представљају осу инверзије другог реда или осу ротације првог реда). То значи да просте и сложене осе симетрије „...имају одговарајуће аналоге у *простим* и *сложеним антиосама* (означавају се са n’), рефлексиона раван у *антиравни* (m’), а центар инверзије у *антицентру* ($\bar{1}'$).

Шубников налази да антисиметричне фигуре могу бити *аналогно просте* и *сложене*, са антиосама (сложеним и простим), које се, за разлику од осе симетрије обележавају кодом. Он је дао потпуни преглед скупа елемената симетрије и антисиметрије којих има укупно 58, што је аналогно са 32 облика симетрије.

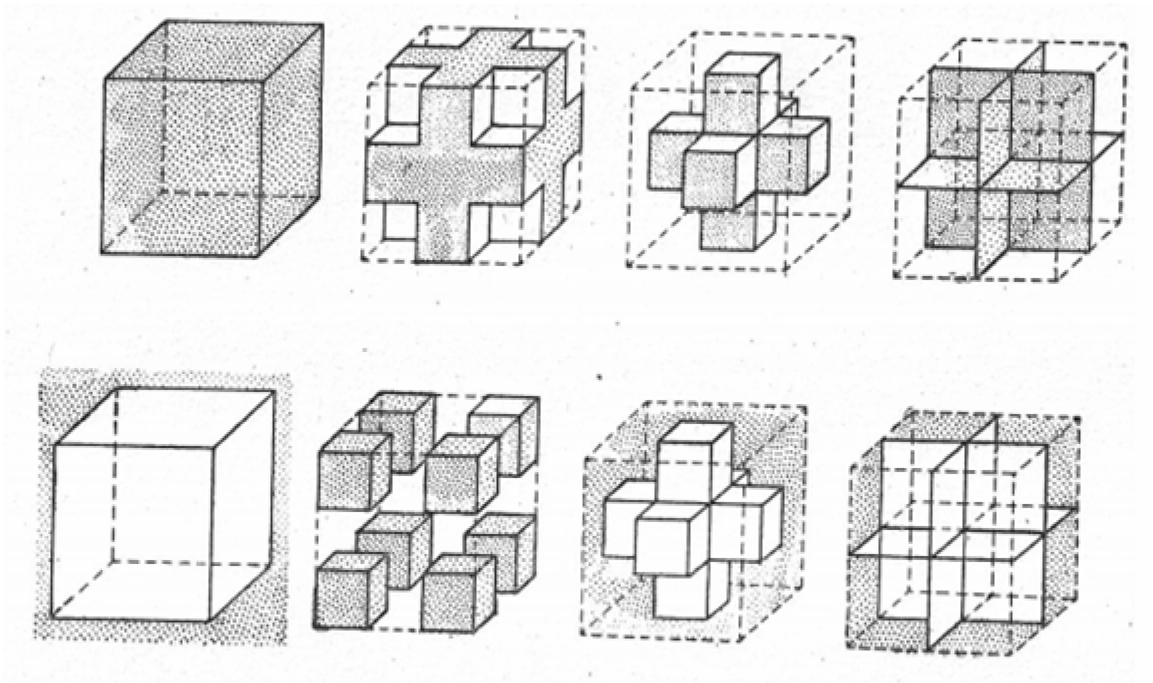
Да би се још боље схватио појам антисиметрије кристала (антиосе, антиравни и антицентри), елементи двобојне симетрије (црно-беле симетрије) који су повезани међусобно равнима, али су различито обојени, Шубников то објашњава примером “прираслих близанаца” од којих је један од близанаца обојен у једну боју, а други у другу. “Школски модели двојника, по правилу, обојени у две боје у складу са површинама двеју индивидуа, које су у саставу прираслог близанца. Укупну симетрију прираслог близанца згодно је карактеризовати као збирну симетрију *црно-белог* тела узимајући у обзир не само једноставне осе и равни симетрије, већ и *антиосе* и *антиравни,* или осе и равни двобојне симетрије” (Кристалографија, Г.М.Попов, И.И. Шафрановски).

Треба нагласити да у појму операција антисиметрије имамо у виду и одређене физичке промене кристала, као што је боја, наелектрисање и спин, али се ипак та операција антисиметрије своди на одређивање и дефинисање обојених група симетрије. То значи да операција антисиметрије нужно мења геометријски облик минерала и боју са знаком (+,-), као и магнетни моменат.



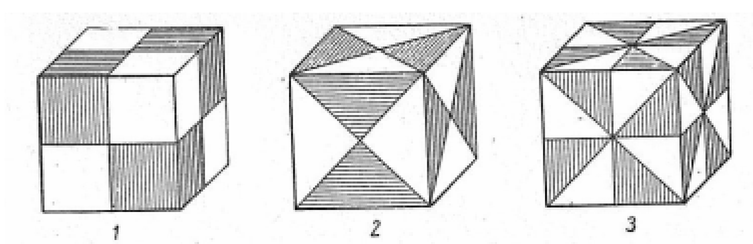
Слика3.

Као пример послижиће нам двојник кристала гипса у облику "ластиног репа" (Слика3.). Ако обојимо један од индивидуа прираслог близанца у црно, а други у бело, укупна симетрија целог двојника одговара симетрији ромба $(L_2 2P - mm2)$. Из примера се види да оса L_2 преводи црни део фигуре на место беле и обрнуто, па самим тим то не може бити проста оса симетрије, или оса двобојне симетрије L'_2. Исти је случај и са равнима симетрије (100) и једне и друге индивидуе, што је двојничка раван при чему црна индивидуа прелази у белу и обрнуто, а то значи да је та раван *антираван* или *раван двобојне симетриј* -P'. Друга раван симетрије, која пролази паралелно са површинама (010) обе фигуре (индивидуе), је једноставна раван симетрије, из чега следи да је двобојна симетрија целог двојника $L'_2PP' - mm'2'$. Наведена симетрија са двобојном осом и равни симетрије јасно дефинише схватање и разумевање закона "двојниковања" сраслих кристала.



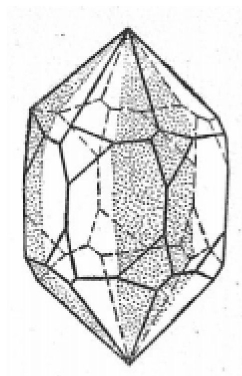
Слика4.

Када уводимо појам двојника, Шубников је дао појам и о њиховој збирној форми, узимајући у обзир разноликости простих површина форми са упадним (улазећим) угловима. На Слици4. види се осам површина разноликости коцке "... како у облику испупчених фигура тако и с улазећим угловима" (Попов). Обично узимамо да су одозго позитивне а одоздо негативне разноликости.



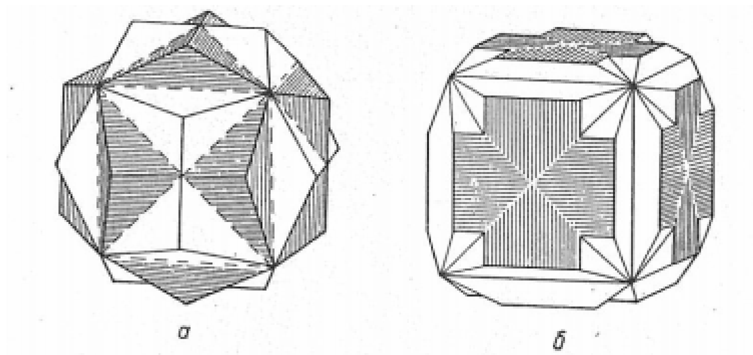
Слика5.

Све ове облике и форме ми морамо разматрати као двобојне фигуре, без обзира на улазеће (упадне) углове, при чему једна боја одговара једном, а друга другом индивидуу двојника. Шубников је у вези са тим истакао неопходност да се да потпуни закључак свих двобојних простих форми (црно-белих). Такав закључак за испупчене површине постигнут је помоћу 58 група антисиметрија крајњих кристалографичких фигура, на Слици5. наведени су примери двобојних разноврсности коцке. Исто тако ромбоедарске површине образују хексагоналну дипирамиду са црно-белим површинама. Тригонални трапезоиди дају збирни хексагонални трапезоид са потпуно црним и потпуно белим површинама. (Слика 6.).



Слика6.

На Слици7. a, уочљив је двојник прирастања два пентагон-додекаедра пирита по равни (110), чија је двобојна збирна симетрија $3L'_4 4L_3 6L'_2 3P6P'C - m3m'$. Као што се види то је проста двобојна форма разноликости тетрахексаедра са потпуно црним и потпуно белим површинама, као и са улазећим угловима. У даљем разматрању Слике7. б, на таквом двојнику површине коцке уочавамо двобојни испупчени облик коцке са састављеним црно-белим површинама. Двобојне просте форме, испупчене и са улазећим угловима, дају јаснију представу о двојним кристалима.

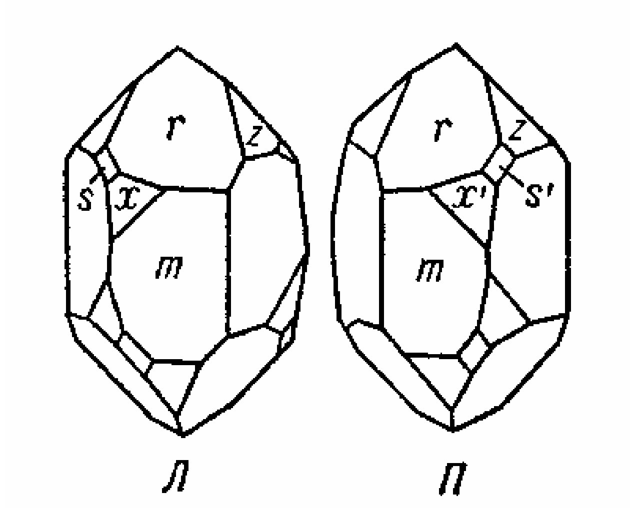


Слика7.

Ако разматрамо тројнике, четворнике итд. морамо приступити схватањима вишебојне симетрије и збирним простим формама које су обојене у одговарајућем броју боја (Н.В.Белов).

Белов је 1956. године теоретски разрадио могућност дефинисања антисиметрије, комбинујући негеометријска својства са геометријском симетријом са више од две вредности (две боје). Тако је поставио групу вишебојне симетрије са вишеструким орбитама и бројем боја. Просторне групе овако издвојене, као обојене симетрије дају број од 2942, од чега су 111 тробојне, 2170 четворобојне и 379 шестобојне. Овако дефинисане групе по Белову су погодне за проучавање магнетних кристалних структура.

Треба нагласити да настајању двојника, поред процеса кристализације, допреносе и нагле измене одређених, физичко-хемијских услова, што изазива нестабилност кристала, који прелази у друду модификацију. При температури од 573±2°C образује се високотемпературни хексагонални кварц који при паду наведене температуре прелази у тригоналне кристале. Двојници такође могу да се образују и путем притиска, као што је случај калцита.



Кварц

ЗАКЉУЧАК

Како се из кратко приложеног материјала, Антисиметрија кристала и обојене групе симетрије, види, појам антисиметрије који је уведен од стране А.В. Шубникова 1951.године предпоставља да се кристали у одређеним случајевима састоје од антиједнаких делова.

У операцији антисиметрије уведени су појмови анти-*s,* за разлику од *s,* при чему се могу конструисати обојене, магнетне и просторне групе, тако да се питање антисиметрије углавном своди на дефинисање обојених група симетрије.

Користећи расположиву литературу, дату у прилогу, покушала сам да кроз неколико примера дам јаснију представу антисиметрије кристала, користећи, пре свега, учење А.В. Шубникова, који кроз промене кристалних структура изазване под утицајем различитих дејстава мењају боје, магнетне особине и спинове. Треба нагласити да сам се углавном у примерима и интерпретацији служила двобојним групама кристала, јер вишебојне групе кристала изискују далеко ширу елаборацију.

Бирала сам оне примере, као илустрације (слике) које су по моме мишљењу биле најприкладније за разумевање дате теме. Примера је, свакако, могло бити и више, али сматрам да се и на овакав начин и са оваквим приступом може разумети суштина антисиметрије у кристалима.

САДРЖАЈ

ЛИТЕРАТУРА

- П. М. Зорки, Симетрија молекула и кристалних структура, Москва 1986.година,
- Г. М. Попов, И. И. Шафрановски, Кристалографија, Москва 1972.године,
- С. Р. Лукић, Д. М. Петровић, Експериментална физика кондезоване материје, Нови Сад, 2000.године