

# ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ ВЕРНАДСЬКИЙ ПРО КРИСТАЛОГРАФІЮ ЯК НАУКУ

Гриньова М.В., Джурка Г.Ф.

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

За визначенням Володимира Івановича Вернадського «кристалографія займається вивченням законів твердого стану матерії» (так він писав у 1903 році). Формулювання дуже узагальнене. Закони твердого стану матерії досліджують багато наук. Вернадський уточнює: мова йде про один з розділів фізики, який, окрім твердого, вивчає газовий і рідкий стан речовини.

Такий підхід до кристалографії був новий. Як писав Вернадський, «...історично кристалографія розвивалася абсолютно незалежно від фізики: зв'язки її з іншими фізичними науками до цих пір не увійшла до наукової свідомості».

Кристали постійно привертали людей своїм зовнішнім виглядом: правильними гранями, досконалістю форм. Хороший кристал – прекрасна геометрична фігура. Саме цим його завжди відрізняли від інших – «безформних» – природних утворень. Стародавні греки спочатку виділили лід (кристалос). Потім так назвали прозорий твердий різновид кварцу (по-російськи – гірський кришталь, тобто кристал). Пізніше кристалами почали називати будь-які природні «камені», що мають геометрично правильну форму. Про народження таких каменів склали легенди.

Лише у XVII столітті кристалографія почала формуватися як наука. Знову вирішальну роль зіграла форма, зовнішній вигляд кристала. І знов, як в давнину, першим об'єктом науки, що зароджується, став лід, точніше сніг. Іоганн Кеплер, прагнучи досягнути гармонію світу, першим довів, що кристали підкоряються законам геометрії. Згодом філософ Гассенді для пояснення форми і правильного зростання кристалів привернув стару ідею атомів; крихітні частинки, шикуючись в певному порядку, утворюють кристалічну структуру.

Після перших успіхів кристалографії наступила смуга теоретичного застою: у XVIII столітті переважали описи класифікації кристалів, як і багатьох інших об'єктів: рослин, тварин, скам'янілостей.

До часу виходу в світ першої великої роботи Вернадського – «Основи кристалографії» – ця наука досягла значних успіхів. Вдалося звести все різноманіття кристалічних форм до обмеженого числа «первинних» геометричних фігур. Було виділено і математично описано тридцять два класи і двісті тридцять груп кристалів (багато в чому – завдяки чудовим працям російського кристалографа Є.С. Федорова).

«У результаті цих робіт, – підсумував Вернадський, – ми маємо повну і точну геометричну теорію розподілу кристалічних молекул у твердому тілі і, користуючись її даними, можемо сміливо, спокійно, вільно прикладати обчислення і розрахунок до світу молекул. У цьому відношенні теорія кристалічних будов є найбільш обробленою частиною молекулярної фізики... З рідиною і газом треба порівнювати тепер не тверде тіло взагалі, а одне з 32 для нього можливих станів».

Що ж нового вніс Вернадський в добре розроблену на початок нашого століття кристалографію?

Перш за все він відмовився від повторення всім відомого.

«Завдяки прояву в кристалічній речовині геометричних законів, у кристалографії придбали особливе значення геометричні напрями. У результаті такої обробки деякі виклади кристалографії набули характеру геометричних дисциплін». Сорокарічний учений замість того, щоб сумлінно переказати загальноприйняте, доведене, безперечне, постарався осмислити матеріал з нових позицій. До цих пір деякі учені повторюють старовинний принцип: важливо описати, який об'єкт або процес, переважно – в математичній формі. А на питання «чому» наука відповідати не зобов'язана. Ланцюг таких «чому» може відвести дуже далеко від конкретного дослідження.

Математичний опис форм кристалів бездоганний. Винайдені спеціальні прилади, проведені незліченні вимірювання. Досвід і математика, взаємно збагачуючись, як і належить для класичної науки, лягли в основу теорії кристалографії. Що ж далі? Вернадський пише в своїй книзі: «Інтереси автора обернені у бік фізики, а не геометрії». Він прагне зробити крок у незвідане...

Формально кристалографія повинна описувати кристали («графо» – пишу). Для цієї мети абсолютно досить обмежитися геометрією. Математика – універсальна мова науки.

Але, якщо пригадати історію, деякі дослідники прагнули відповісти на питання: чому кристали мають особливі геометричні форми? Так починалася, як би сказати, кристалологія («логос» – пізнання). У цього напрямку були свої успіхи. Наприклад, спроби за формою кристалів говорити про їх мікроскопічну будову і про хімічний склад. Проте в цілому кристалографія теоретично ґрунтувалася на геометрії, а в своїх дослідках – практично – на мінералогії. Адже всі природні кристали – це одночасно і мінерали. Тому набув поширення погляд на кристалографію як на частину мінералогії.

Дійсно, не «можна бути мінералогом, – підкреслював Вернадський, – не оволодівши основними прийомами кристалографії... бо мінералог має справу з твердими кристалічними продуктами земних хімічних реакцій». У той же час «можна бути кристалографом, стоячи абсолютно в стороні від наукового руху в мінералогії...».

На думку Вернадського, з часом перед кристалографами все ясніше виступають питання, що не мають нічого спільного з мінералогією, відкриваються безмежні горизонти для розуміння будови матерії.

(Відзначимо, проте, що Вернадський все-таки немало місця приділив в своїй роботі саме геометричній кристалографії, її обґрунтуванню. Він описує кристалічні решітки, ідеальні геометричні фігури, що відображають особливості будови реальних кристалів; приводить основні закони геометричної кристалографії; характеризує окремі кристалічні системи, сингонії... Він віддає належне традиційній кристалографії, проте прагне вийти за її межі.)

Які ж дальні горизонти – неминуче неясні, туманні – відкривалися в 1903 році Вернадському?

Ця думка може здатися дивною або навіть помилковою, але, мабуть, за кілька років до тріумфу зйінштейнівської теорії відносності Вернадський прийшов до одного з основних її положень, спираючись на дані кристалографії. Як відомо, у кінці минулого століття проводилися дослідження (головним чином Майкельсоном) по вимірюванню швидкості світла і одночасно по виявленню «світового ефіру», нерухомого простору, в якому перебувають всі тіла. Вернадський в одному місці своєї книги прямо говорить, що кристал – це особливе активне середовище, особлива форма простору. Іншими словами: немає однорідного простору миру (загального ефіру), а є безліч його форм, станів. Кристал – один із станів, для якого характерна неоднорідність фізичних властивостей у різних напрямках. Цю «спрямованість» властивостей кристалів він назвав векторіальною (від слова «вектор» – напрям).

Фізики вивчали рух матерії в інертному безструктурному середовищі (просторі, ефірі). Вернадський заговорив про структурне, активне середовище, про множинність форм простору.

Чи не дуже серйозно відносимося ми зараз до цієї достатньо абстрактно і туманно вираженої думки? Чи треба неодмінно вишукувати геніальні передбачення ученого?

Ні, справа не в геніальному передбаченні. Дуже важливо відмітити особливість погляду Вернадського – свіжість, новизну, навіть деяку «дитячість» сприйняття. Він відмовився від поняття «порожнього» простору без матерії, енергії, організованості.

Якщо удатися до порівняння, то відмінність його точки зору наступна. Говорять: людина складається з таких-то і таких органів. Являє собою деякий простір (людина), усередині якого знаходяться серце, легені, селезінка і інші складові частини, – набір окремих деталей усередині певного об'єму. Якщо вийняти всі деталі, то щось все-таки залишиться: якийсь простір, де ці деталі знаходилися.

Насправді людина – це щось єдине, але неоднорідне. Як би не відрізнялися між собою органи, вони не просто скупчення деталей. Скажімо, людині пересадили чуже серце. Якщо воно

приживеться, стане частиною організму, людина виживе. Якщо воно залишиться окремою деталлю, нехай навіть цілком здорова людина загине. Тому що людина – не просто сума частин усередині певного об'єму, а єдність частин.

Подібну цілісність, але неоднорідність світу (простору) і зумів помітити Вернадський. Він виходив не із загальних міркувань, а осмислював конкретні наукові дані кристалографії. Пізніше довели, що поняття «Абсолютно порожнього простору» не має реального сенсу.

Для Вернадського кристалографія була засобом пізнання таємниць речовини, збагнення світу. Конкретна наука була як би приладом, що допомагає заглянути в невідоме.

Вернадський не забував про саму науку, про її внутрішні особливості. І все-таки вона привертала його не тільки сама по собі як певна сума знань. Будь-яка наука досліджує конкретну частину природи за допомогою конкретних методів. Але частина природи – це ще не природа. Навіть у якомусь сенсі зовсім ще не природа (як частина нашого організму – це ще не ми власною персоною). А Вернадського завжди вабило досягнути ціле, глибинну суть явищ природи, окремих об'єктів і всього всесвіту.

Про це він висловлювався достатньо ясно. Ось що писав він своїй дружині в 1893 році про свої лекції (за десять років до виходу в світ «Основ кристалографії»): «Читаю коротко і головним чином прагну освітлювати із загальної філософської точки зору, з погляду теорії матерії і зв'язку наших відкинутих переконань з даними досвіду і спостереження».

Через рік він пише: «Іде, відчуваю це, в мені сильна і наполеглива робота думки над основними метафізичними питаннями... Я відчуваю, як у мене все точніше починає укладатися мій світогляд і мій погляд на людину і на природу... Багато, звичайно, неясного і багато суперечливого».

Вернадський підійшов до пізнання кристалів не тільки як геометр або мінералог, і навіть не тільки з погляду фізичних теорій.

Будь-який фахівець, заглиблюючись в конкретні дослідження, немов копає глибокий колодязь. Чим глибше він проникне в надра проблеми, тим менше йому буде видний круг неба над головою. Врешті-решт вузькому фахівцеві, що занурився далеко в дану область знання, небо здаватиметься з копійчану монету; загальнонаукові проблеми стануть для нього дуже далекими.

Без вузької спеціалізації зараз важко бути хорошим ученим; дуже далеко пішла наука вперед, дуже багато потрібно витратити зусиль, щоб розкрити новий пласт проблем.

Вернадський, займаючись кристалографією, теж, безумовно, був фахівцем. Правда, не дуже вузьким. І не тільки фахівцем.

Ось це «не тільки» – надзвичайно важливо відзначити. Вернадський вів спеціальні дослідження і одночасно роздумував про суть досліджень, про пізнання, про природу. Він як би піднімався постійно з глибини детальних вузьких розробок на вільне повітря, під ясне небо, охоплюючи поглядом дальні горизонти, роботу своїх товаришів і себе самого.

За словами видного радянського кристалографа І.І. Шафрановського, Вернадський у своїй книзі дав «єдиний у світовій літературі по ширині і глибині підходу нарис розвитку кристалографії».

Безумовно, нарис цей чудовий. Учений описує шляхи окремих ідей про кристали, їх зв'язок із загальним розвитком науки і техніки. Він згадує імена, незаслужено забуті. Він знає зміст тих робіт, про які говорить навіть побіжно, простежує долі учених.

Інший раз здається, що він навмисно детально, як добросовісний, але недалекий архіваріус, копається в запорошених, нікому не потрібних фоліантах, відчуває захоплення перед давно забутими думками давно забутих людей, живе віддаленим минулим...

Так здається. Проходить недовгий час, продовжуєш стежити за ходом його думки і, непомітно, поволі переступивши грань сьогодення, переходиш від історії в майбутнє.

Заглиблюючись в історію науки, Вернадський переслідував дві мети. Перш за все, він аналізував минуле науки для того, щоб краще зрозуміти її сучасний стан і перспективи.

«У всій праці свідомо проводяться вказівки на історичний хід розвитку науки. Виклад наукових даних зв'язується з їх історією; по можливості воно робиться на підставі самостійного

вивчення старовинної і нової літератури... Я думаю, що така свідомість історичної еволюції знання має не один бібліографічний або історичний інтерес – нерідко доводиться чути, що науковий виклад може робитися логічно, без всякого зв'язку з історичним розвитком знання. Неважко переконатися, що таке твердження засноване на непорозумінні... Пройде кілька років, виклад «застаріє», набудуть значення нові факти або висновки, які зроблені із залишених дослідником без уваги явищ. Тоді ясно виявиться історична тимчасова підкладка його робіт і відпадуть його висновки, здавалося, що неминуче витікали з дійсності...

Явний прояв історичної свідомості особливо необхідний при викладі сучасного стану якої-небудь науки, оскільки тільки цим шляхом можливо зберегти для майбутнього дослідника вказівки на погляди і факти, які здаються авторові помилковими або неважливими, – але хід часу якраз висуне вперед, як правильні або науково-корисні...»

І друга, не менш важлива мета – пізнавати сам процес пізнання. Задаватися питанням: а що це таке – наукове пояснення? Наскільки воно точно доведене? Як відрізнити власну вигадку від дійсності, яку досліджуєш? Чому історія ідей складалася так, а не інакше? По яких законах?

Ось, скажімо, уявлення про зв'язок форми кристала з його будовою. Висловлювалася думка, що кристал відрізняється від рідини або газу тим, що його молекули більші, а тому укладені більш щільно, міцно, впорядковано. Вернадський заперечував проти такого тлумачення, що здавалося багатьом цілком природним, але насправді не заснованому на фактах. Подальші розрахунки показали, що радіуси окремих іонів, що входять в кристали (літію, берилію, феруму), менше, ніж радіуси іонів водню, кисню, хлору і тому подібне. На думку Вернадського, з погляду кристалографії тверде тіло і кристал – це одне і те ж. «Кристал є єдиною можливою формою однорідного твердого стану матерії». Іншими словами, для істинно твердого тіла характерна зерниста (кристалічна) будова на відміну від води або газу. Подібно до того як рідина розпадається на краплі, тверде тіло розпадається на кристалічні многогранники. «Можна сказати, що краплями твердого тіла є кристалічні многогранники».

Порівняння кристала з краплею лежить десь на межі наукового і художнього. Це зримий образ, за яким вгадується глибока наукова аналогія. Творча думка ученого розривала пута, які накладає досвід, виходила з кола відомих істин, виявляючи щось несподіване, досі невідоме.

Вернадський писав: «... У наукових дослідженнях необхідно вдаватися до гіпотез тільки у тому випадку, коли ці гіпотетичні дані відкривають перед нами нові явища або нові законності, є менш складними, чим з'ясовне ними явище, складають зручну і надійну керівну нитку у важких і неясних питаннях, що стоять перед дослідником».

У пізніших роботах Вернадський продовжував паралельно з конкретними дослідженнями роздумувати про шляхи і методи наукового аналізу.

Нарешті, звернемо увагу на одну підрядкову примітку Вернадського. Відомо, що нерідко в кристалах поляризований світловий промінь відхиляється убік. Вернадський запропонував для позначення цих відхилень вживати старовинні російські слова: «посолонь» і «протипосолонь», обґрунтовувавши свою думку так: «Маловживані вирази «поколонний» і «протипосолонний» рух чудово передають поняття, для яких дуже часто уживаються образні порівняння з правою і лівою рукою або з часів Ампера у фізиці порівнюють з рухом стрілки годинника («за годинниковою стрілкою» і «проти годинникової стрілки»). Проте в російській мові існує старовинне слово «посолон» – рух за сонцем; у зв'язку з різноманітними теологічними диспуатами і розколами в церкві Московської Русі це слово, починаючи з XV століття, придбало широке і строго визначене значення в російському народі і церковно-суспільній літературі; тоді ж виробилися і відповідні прикметники. Те ж слово (і дієслово) існує і в морській мові поморів. Життя російського народу виробило в цих словах вираз новому науковому поняттю, для позначення якого слід скористатися скарбницею російської мови, а не вигадувати нові образні вирази».

Не дивлячись на часті і тривалі поїздки за кордон, прекрасне знання іноземних мов і навчання у закордонних фахівців, Вернадський залишався російською людиною. А можливо, саме хороше знання інших країн і народів, пошану до них визначають дійсну любов до своєї батьківщини...

У творчості Вернадського кристалографія займала порівняно скромне місце, хоча деякі її розділи цікавили його до останніх років життя. Зокрема, вчення про симетрію, об'єднуючу геометрію, фізику і кристалографію.

Вернадський займався кристалографією в той період, коли її геометрична частина наблизилася до досконалості, а отже, не являла великих можливостей для творчості. Хімічні дослідження зв'язку складу і форми кристалів ще тільки розпочиналися. Вернадський передбачив цьому напрямку велике майбутнє (і не помилився). Але сам по цьому шляху не послідував.

Він спробував відродити філософію кристалографії. Як колись Кеплер знаходив в сніжинці віддзеркалення світової гармонії, так і Вернадський бачив в кристалах прояв якоїсь глибокої закономірності природи, будови всесвіту. Книга «Основи кристалографії» залишилася незавершеною. Основні інтереси її творця перемістилися на інші галузі знання. Він не розробляв приватних питань кристалографії. Проте багаторічні заняття цією наукою, пошуки в ній нових шляхів, роздуму про будову матерії і гармонію Всесвіту багато в чому визначили його наукову долю.

Для наукових праць XVII-XVIII століть дуже характерні філософські, релігійні, художні відступи, що відводять думку читача в галузі, дуже далекі від наукових фактів.

Ось наприклад, як почав свій досвід теорії структури кристалів (1784 рік) засновник кристалографії Рене Жюст Гаюс, якого дуже високо цінував Вернадський: «З якої б точки зору не розглядати Природу, завжди вражає велику кількість і різноманітність її творинь. Прикрашаючи і похваляючи поверхню земної кулі постійним чергуванням живих істот, вона в той же час у своїх розколинах таємно піддає обробці неорганічні речовини і якби граючи, породжує нескінченну різноманітність геометричних форм».

Або ще – уривок першого розділу праці Михайла Ломоносова «Про шари земні» (1759 рік): «Велика є справа сягати в глибину земну розумом, куди рукам і очам досягти забороняє натура; мандрувати розумом в пекло, проникати міркуванням крізь тісні розколини, і вічною ніччю понурі речі і діяння виводити на сонячну ясність».

Пізніше, коли окремі наукові дисципліни розширилися, оформилися, подібні «надмірності» були відкинуті, учені прагнули в своїх наукових працях не відволікатися від цілком певних проблем цілком певних наук. Вернадський відродив традиції основоположників класичної науки.

Він порівняно рано виробив для себе головні принципи наукового дослідження. У «Основах кристалографії» вони вже виразно помітні. Вивчення кристалів стало основою для вироблення принципів:

- проводити детальний аналіз;
- бачити за приватним загальне;
- не обмежуватися описом явища, а глибоко досліджувати його суть і зв'язок з іншими явищами;
- не уникати питання: «чому?»;
- простежувати історію ідей;
- збирати якомога більше відомостей про предмет досліджень з літературних джерел (переважно наукових), звертаючись до оригіналів;
- вивчати загальні закономірності наукового пізнання (думати про те, як думаєш);
- пов'язувати науку з іншими областями знання, з суспільним життям;
- не тільки вирішувати проблеми, але і знаходити нові, невирішені.

### Список використаної літератури

1. Гриньова М.В. В.І. Вернадський про основні напрями наукових досліджень ХХ століття (до 155-річчя від дня народження великого вченого-енциклопедиста та 100-річчя створення ним Академії Наук України): Монографія / М.В. Гриньова, Г.Ф. Джурка, В.Т. Мельник. – Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2018. – 322 с.