

*О. М. Габович,  
В. І. Кузнєцов*

## **КВАНТИФІКАЦІЯ ТЕРНАРНОГО ОПИСУ У ФІЛОСОФІЇ ПРИРОДНИЧИХ НАУК**

Запропонована А. Уйомовим мова тернарного опису знайшла нетривіальні застосування в логіці [1] та метафізиці [2]. Її використання в філософії природничих наук мають брати до уваги особливості та нерозривну єдність їхніх теоретичних та експериментальних частин. Обмежимося розглядом найбільш розвинутої із цих наук, а саме, фізики. Зазначимо, що в ній для позначення властивостей та відношень досліджуваних фізичних реалій застосовується загальний термін «фізична величина». Маючи на увазі, що сучасні науки досліджують багато властивостей та відношень, які ґрунтуються на, але не зводяться до фізичних величин, будемо використовувати для загальної назви властивостей та відношень, які вивчає решта наук, усталений філософський термін «атрибут».

Фізика базується, з одного боку, на теоретичних розрахунках значень фізичних величин досліджуваних речей, а з іншого, на експериментальному вимірюванні цих значень. Це спричиняє необхідність філософсько-методологічного моделювання фізичних величин в термінах не лише їхніх звичайних та наукових назв і логічних символічних позначень, але й їхніх кількісних значень та дій по знаходженню цих значень двома шляхами: теоретичному обчисленню та експериментальному вимірюванню. Збіг у межах припустимих похибок обчислюваних та вимірюваних значень релевантних фізичних величин досліджуваних фізичних реалій є однією з необхідних ознак застосовності використаних теорій до експериментального вивчення їхніх предметних галузей.

Звернемо увагу на наступне. Коли кажуть про окремі властивості та відношення якоїсь досліджуваної реалії, то припускають у першому випадку можливість її самостійного та незалежного існування як носія властивостей, а у другому – можливість самостійного та незалежного існування крім цієї реалії ще, принаймні, однієї реалії. Разом вони інтерпретуються як складений носій відношень. У обох випадках властивості та відношення трактуються як універсальні та невід’ємні якості/атрибути досліджуваних реалій (об’єктів, явищ, процесів та станів). Причому в інших фізичних обставинах залишається можливість самостійного дослідження та навіть існування деяких із розглянутих властивостей та відношень. Прикладом є пошук фізичного механізму реалізації відношень між елементарними частинками, котрі називаються фізичними взаємодіями.

Евристичною моделлю атрибуту є конструкція абстрактної властивості, запропонована М. Бургінім [3]. Ця конструкція припускає те, що атрибути є відносними щодо відповідних реалій та, як правило, не існують поза ними. Скажімо, згідно із сучасними фізичними уявленнями електричний заряд є атрибутом елементарних частинок та певних макроскопічних реалій. Фізики кажуть про електрон як про елементарний/неподільний носій електричного заряду, але не про те, що заряд може існувати у відриві від частинок. Окрім того, конструкція абстрактної властивості фіксує, що можливі значення конкретного атрибуту не є довільними, а приймають значення з певної множини, його так званої шкали. Зміна шкали віддзеркалює, як правило, уточнення знання про атрибут. Іноді введення нової шкали є результатом відкриття реалій, які відрізняються від раніше відомих значеннями відповідного атрибуту. Так, значення електричного заряду для елементарних частинок зазвичай виражають у невеликих позитивних чи від’ємних цілих числах, якщо приймати абсолютне значення заряду електрона  $|e|$  (елементарний заряд) за одиницю. В процесі відкриття кварків як субелементарних частинок було встановлено, що їхній електричний заряд слід вимірювати в дробових одиницях елементарного заряду електрона:  $n|e|/3$ , де  $n$  – ціле число.

Крім скалярних атрибутів з числовими значеннями в певній системі одиниць, є атрибути, значення яких репрезентуються більш складними математичними структурами.

Простим прикладом є прискорення тіла – макроскопічної реалії класичної механіки. Значеннями прискорення є вектори у тривимірному евклідовому просторі. Векторами називається сукупність величин, яка певним чином змінюється при перетворенні системи координат. Векторами характеризуються також і атрибути електромагнітного поля, такі, як напруженості електричного та магнітного полів.

Зазначимо, що розглядаючи внутрішню структуру реалії як її атрибут, можливо зіставити їй декілька змістовних шкал, значеннями яких є певні лінгвістичні конструкції. Це часто використовують фахівці для конкретизації досліджуваних структур. Наприклад, відповідними дихотомічними шкалами є множини {стійка, нестійка} або {стабільна, нестабільна}. Крім дихотомічних, має сенс розглядати й інші шкали структурності, такі як {елементарна, проста, складна, багаторівнева}. Оскільки лінгвістичні конструкції в природознавстві повинні відображати властивості матеріального світу, то всі ці шкали (класифікації) набувають конкретного змісту, якщо застосувати їх до реальних об'єктів. Хрестоматійним прикладом такого уречевлення є застосування геометричної теорії просторового упорядкування абстрактних об'єктів при аналізі властивостей реальних кристалів, квазікристалів, рідких кристалів, колоїдних структур тощо.

Ясна річ, що значення будь-якого атрибуту для кожної окремої реалії не «викарбовано» на ній заздалегідь та навічно. Для його знаходження треба попрацювати, виконавши певні дії або із самою реалією або із її знаковою моделлю. В першому випадку йдеться про належним чином сплановані експерименти, в яких вимірюються значення атрибутів. У другому – про певні символічні або математичні дії зі знаковою, побудованою у термінах певної фізичної теорії [4], моделлю реалії, які мають на меті отримання чисельного значення атрибуту та його зіставлення із вимірним значенням.

У стислій та узагальненій формі можна вважати, що абстрактну властивість репрезентує впорядкована трійка  $\mathbf{A} = (D, \mu, S)$ , де  $D$  множина реалій (точніше кажучи, множин на їхніх назв, яка, за обґрунтованими припущеннями, є базою (носієм) цього атрибуту, множина  $S$  – шкала його значень, а  $\mu$  є описом дій по зіставленню елементам, які позначаються назвами із множини  $D$ , відповідних значень атрибуту із множини  $S$ .

Наприклад, візьмімо абстрактну властивість, що моделює такий атрибут макроскопічних фізичних реалій, як електричний опір. Варто зауважити, що цей атрибут є вторинним по відношенню до атрибуту "електричний струм", поняття якого сформувався лише на початку 19 століття завдяки трудам французького фізика Андре-Марі Ампера. Тут множина  $D$  складається з усіх таких реалій – матеріалів. Дії  $\mu$  часто (не завжди!) виконуються за допомогою приладу, який має назву «омметр», котрим користуються, згідно з певними правилами. Значення електричного опору (одиницею його вимірювання в системі СІ є «Ом») приймають числові значення із множини дійсних чисел.

Цими реаліями можуть бути різні матеріали, природні та штучні, котрі безперервно створюються хіміками та матеріалознавцями. Серед них виділяють два великих класи – метали та напівпровідники (діелектрики) – в залежності від температурного ходу електричного опору. Певна річ, що такий простий розподіл не вичерпує всіх можливостей, які демонструє величезне різноманіття відомих матеріалів, а тому залежності опору від температури в широкому їх діапазоні, поряд із оптичними характеристиками, зазвичай використовуються для попереднього визначення класу кожного матеріалу та його якісної характеристики. Значення опору залежать не тільки від температури, але й від інших фізичних факторів, наприклад, від освітленості, величини струму, присутності сторонніх домішок, тощо. Більше того, дослідження більшості (немагнітних) металів і сплавів при температурах близьких до абсолютного нуля привело до відкриття явища надпровідності, коли значення їхнього електричного опору при зменшенні температури стрибком падає до нуля. Такі речовини називають надпровідниками.

Наведемо ще один змістовний приклад атрибутів для реалій різного штибу. Почнемо із сукупності небесних тіл у Сонячній системі. Всім їм приписується (і цілком слушно!) такий атрибут, як маса (скалярна величина). Значення маси належать до множини

дійсних чисел, які характеризують у відповідних одиницях вимірювання атрибути для кожного відомого небесного тіла, яке знаходиться в Сонячній системі. Більш того, астрономи переконані, що навіть ще не відкриті небесні тіла теж будуть мати певне значення маси. На відміну від предметів у нашому оточенні, планети не можливо зважувати на якихось навіть дуже великих терезах. Тому астрономи не мають змоги для безпосереднього вимірювання значень їхньої маси. Але, використовуючи закони небесної механіки та спираючись на накопичені раніше дані кількісних спостережень за рухом планет, учні обчислюють значення їхньої маси та передбачають з певною точністю та імовірністю їхні майбутні траєкторії. Передбачені обчислені значення зазвичай підтверджуються наступними спостереженнями за рухами планет, що свідчить про те, що (1) засади небесної механіки справедливі та (2) значення мас планет розраховані правильно. На перший погляд, лише великий розмір та значна маса (у порівнянні, наприклад, з астероїдами, яких у Сонячній системі хоч греблю гати) є підставою для виділення класу планет серед небесних тіл, які тримаються гравітацією Сонця в його околі. Але цікаво зазначити, що тут у гру вступають певні міжнародні домовленості/конвенції. Так, у 2006 році Міжнародний астрономічний союз ухвалив змістовне визначення терміну «планета»: «небесне тіло, що (а) обертається навколо Сонця, (б) має достатню масу для того, щоб його власна гравітація переборола сили зчеплення між частинками матеріалу, з якого побудовано тіло, що зумовлює рівноважну (майже круглясту) гідростатичну форму планети та (в) має «вчищену [від небесних тіл того ж розміру – Авт.] околицю» на своїй орбіті». «Карликова планета» не є супутником іншої планети та задовольняє двом першим умовам, але не третій. Всі інші тіла, за виключенням супутників, є «малими тілами сонячної системи». Наслідком цього нового визначення стало зниження планетарного статусу Плутона, який став тлумачитися як карликова планета [5]. Іншими атрибутами небесних тіл є їхні положення в просторі та шляхи пересування в ньому або траєкторії. В такому випадку однією зі шкал для таких атрибутів є тривимірний векторний евклідов простір. Якраз вивчення кількісних значень цих атрибутів стало джерелом для формулювання Йоганном Кеплером трьох відомих емпіричних законів обертання планет навколо Сонця.

Конструкція абстрактної властивості відкриває можливості для побудови низки змістовних класифікацій атрибутів. Розглянемо деякі з них.

#### Атрибути різних порядків

Атрибути різного порядку відносно зафіксованої множини  $D$  однакових або однотипних реалій  $d \in D$  моделюються абстрактними властивостями, які вводяться індуктивним шляхом. Атрибутом нульового порядку відносно реалії  $d \in D$  є сама реалія  $d$ . Він моделюється наступною абстрактною властивістю  ${}^0A(d) = (D, {}^0\mu, {}^0S = D)$ , де  ${}^0\mu$  зіставляє кожний елемент  $d \in D$  з ним самим. Змістовно це означає, що реалія  $d$  тотожна сама собі, що відповідає неформальному розумінню її атрибуту «тотожність».

Атрибут першого порядку реалії  $d$  моделюється абстрактною властивістю  ${}^1A(d) = (D, {}^1\mu, {}^1S)$ . Атрибут  $n+1$ -го порядку реалії  $d$  моделюється абстрактною властивістю  ${}^{n+1}A(d) = ({}^nA(d), {}^{n+1}\mu, {}^{n+1}S)$ , де  ${}^nA(d)$  відповідає атрибуту  $n$ -го порядку реалії  $d$ ,  ${}^{n+1}\mu$  означає опис дій із зіставлення елементів, які позначаються назвами з множини  ${}^nA(d)$ , відповідних значень атрибуту з  ${}^{n+1}S$ , а  ${}^{n+1}S$  – шкала атрибуту  ${}^{n+1}A(d)$   $n+1$ -го порядку реалії  $d$ .

Таке моделювання атрибутів різного порядку відповідає науковій практиці, в якій деякі атрибути можуть розглядатися як реалії, котрі досліджуються за допомогою власних атрибутів, тобто атрибутів атрибутів або атрибутів другого порядку відносно вихідної реалії. Наведемо декілька прикладів атрибутів різних порядків.

Атрибутами першого порядку фіксованої складеної реалії є її складеність з інших реалій (складників або інгредієнтів), тип зв'язків між складниками, процеси, котрі відбуваються всередині складеної реалії, взаємодії, які забезпечують її існування, тощо. Скажімо, атрибутами першого порядку стосовно такої реалії, як атомні ядра, є їхня побудова з нуклонів та наявність специфічної сильної ядерної взаємодії між останніми, котру в першому наближенні можна розглядати як обмін пі-мезонами. Іншим атрибутом першо-

го порядку відносно якогось атомного ядра є його здатність припинити своє існування завдяки  $\alpha$ -,  $\beta$ - або більш екзотичним способам розпаду (включаючи спонтанне ділення на менш масивні дочірні ядра). Атрибутами другого порядку щодо ядер є атрибути їхніх складників, тобто нуклонів. Прикладом є розподіл нуклонів на протони та нейтрони та складеність самих нуклонів із кварків. Атрибутами другого порядку є також характеристики процесів розпаду, зокрема, середній час життя певного типу ядер або параметри потенціального бар'єру, який треба подолати частинці, що вилітає з материнського ядра. Цікаво, що, як з'ясувалося ще на початку досліджень у царині ядерної фізики, ці атрибути визначаються щодо *сукупності* однакових (тотожних) ядер, оскільки процеси ядерних перетворень носять імовірнісний характер.

Атрибутами другого порядку відносно реалій є атрибути відношень між реаліями, зокрема, тип відношень, механізми, які забезпечують існування відношень, тощо. Атрибутами другого порядку реалій є також такі атрибути їхніх станів (атрибутів першого порядку) як стабільність (нестабільність) та тривалість існування.

Конче важливими для природничих наук атрибутами різних реалій є притаманним симетрії. Для реалій різного ґатунку симетрії мають різний характер. Наприклад, для неперервних симетрій та за відсутності дисипації атрибути симетрії можна пов'язати із певними законами збереження (теорема видатного німецького математика Еммі Нетер).

### **Монадні (одномісні) та багатомісні атрибути**

Множина реалій  $D$  може складатися як із індивідуальних реалій, так і з їхніх пар, трійок тощо. В першому випадку атрибути є монадними або одномісними, у другому діадними, тріадними тощо (багатомісними). Так, наприклад, у фізиці елементарних частинок, взагалі кажучи, вважають масу частинок одномісним атрибутом, хоча *походження маси* може бути пов'язаним (так воно скоріше за все й є) із втратою симетрії, яка відбувається внаслідок багато-частинкових взаємодій у рамках квантової теорії поля. Цікаво, що не одномісний характер атрибуту «маса» передбачав більше, ніж століття тому видатний австрійський фізик і філософ Ернст Мах, який вважав, що маса окремої фізичної реалії якимось чином пов'язана зі Всесвітом, тобто є багатомісним атрибутом. Варто навести подальші приклади, пов'язані з основними поняттями сучасної фізики. В нерелятивістському наближенні для будь-якої матеріальної реалії можна виокремити енергію спокою, значення якої обчислюється за відомою ейнштейнівською формулою  $E_{rest} = mc^2$ , де  $m$  є (скалярною) масою спокою, а  $c$  є швидкістю світла у вакуумі, та кінетичну енергію, значення якої залежить від системи відліку. Енергія спокою – це монадний (одномісний) атрибут, а кінетична енергія – двомісний. У фізиці елементарних частинок розрізняють власну масу та додаткову складову масу окремого кварку в адроні (елементарна частинка, яка бере участь у так званій сильній взаємодії). Якщо перша є одномісним атрибутом, то друга – ні. Складову масу кварку в адроні розраховують як результат його взаємодії з іншими кварками завдяки обміну певними бозонами – глюонами. В цьому сенсі цю частину маси кварку можна тлумачити як багатомісний атрибут.

Розглянемо найпростіше моделювання двомісних атрибутів за допомогою наступної абстрактної властивості. А саме, якщо у випадку монадних атрибутів множини  $D$  складаються з окремих реалій, то для діадних (двомісних) атрибутів множина  $D$  є декартовим добутком двох множин реалій. Між елементами цих складових множин існує суттєвий зв'язок, який має певний (фізичний) сенс. Наприклад, діадним атрибутом у світі елементарних частинок є інтенсивність різних взаємодій між ними. Для фізичних умов у Всесвіті, що наразі склалися, можна виокремити гравітаційну, слабку, електромагнітну та сильну взаємодії, інтенсивності яких відносяться як  $1: 10^{25}: 10^{36}: 10^{38}$ . Для опису будь-якої із цих взаємодій потрібно розглянути множину реалій  $D$ , яка складається з декартового добутку двох множин, котрі утворені елементарними частинками.

У класичній фізиці, де можливістю вимірювального приладу впливати на результати вимірювання повністю нехтували, були підстави в процесі знаходження значень атри-

бутів класичних реалій абстрагуватися від цих приладів, тобто вважати, що множина  $D$  утворюється виключно досліджуваними фізичними реаліями. Це означає, що атрибути класичних реалій переважно тлумачилися як монадні. Натомість, у квантовій фізиці (фізиці мікросвіту) вимірювальний прилад може суттєво змінити поведінку досліджуваної реалії. Отже, значення квантового атрибуту залежать не лише від реалії, а й від вимірювального приладу та вибору процесу вимірювання. Тому, взагалі кажучи, має сенс репрезентувати носій  $D$  як декартів добуток множини квантових реалій на множину вимірювальних приладів. У такому випадку атрибути квантових реалій репрезентуються діадними абстрактними властивостями.

Вже майже століття дебатується принципове питання стосовно онтичних наслідків «двомісності»/«діадності» атрибутів квантових реалій. Чи можна визнавати існування квантових реалій, незалежне від дослідника та його втручання у квантовий світ? Прихильники традиційної копенгагенської інтерпретації квантової механіки та інших численних підходів вважають, що ні – не можна! Незважаючи на те, що адептами цієї, ідеалістичної, точки зору на світ є переважна більшість фізиків та філософів фізики, подекуди не перевелися й прихильники протилежної точки зору, до яких належать і автори цих тез [6]. Згідно з цією спільною (попри деякі менш суттєві розбіжності вже між ними) думкою, квантові реалії, так само, як і класичні, існують незалежно від дослідників та їхніх приладів. Їхня ж дивна, з класичної точки зору, поведінка пояснюється специфікою відповідних атрибутів, що є наслідком квантової природи реальних мікроскопічних природних реалій та явищ.

Природа «не зобов'язана» вести себе, як сукупність класичних об'єктів. Водночас, її квантові реалії, які можуть бути досить великими за розміром (наприклад надпровідники, електрони яких складають єдину, суттєво квантову, систему із певною фазою, в чому можна пересвідчитись, спостерігаючи так званий струм Джозефсона), існують об'єктивно, поза нашою свідомістю та аж ніяк не зникають у небуття, якщо експериментатор раптом відволічється та відвернеться від експериментальних установок та вимірювальної апаратури.

### Література:

1. Уемов А. К проблеме определения понятия системы и системных параметров на языке тернарного описания // Промышленная кибернетика. – Киев, 1971. – С.248-255; Уемов А. Язык тернарного описания как новый вариант неклассической логики // Современная логика. Материалы VIII Общероссийской научной конференции. 24-26 июня 2004. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 437-440.
2. Уемов А. Категории метафизики и метафизика категорий // Вут і jego ројесіє / Rzeszow (Polska), 2003. – С. 309 – 319; Уемов А. Лекции по метафизике, в 2 ч. – Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова. — Одесса: Астропринт, 2009 с.; Уемов А. Лекции и задачи по метафизике, в 2 ч. (Часть II в соавторстве с Терентьевой Л.) – Одесса: Астропринт, 2010; Уемов А. Метафизика. – Одесса, Астропринт, 2010.
3. Бургин М. Абстрактная теория свойств // Неклассические логики. – Москва: Институт философии АН СССР, 1985. – С. 109—118; Burgin M., Kuznetsov V. Properties in Science and Their Modelling // Quality and Quantity, 1993, 27: 371–382.
4. Габолич О., Кузнецов В. Проблеми як внутрішні структури систем наукового знання // Філософські діалоги'2015. До 85-річчя академіка Мирослава Поповича. Філософія. Культура. Суспільство // Зб. наук. праць. – Київ: Інститут філософії ім. Г.С.Сковороди НАНУ, 2015. – С. 132-154.
5. Slater M. H. Pluto and the Platypus: An Odd Ball and an Odd Duck – On Classificatory Norms // Stud. Hist. Philos. Sci., 2017: 61, 1–10.
6. Габолич А., Кузнецов В. Существует ли г-н Сонг, которого мы не наблюдаем? // Трибуна Успехи физических наук, 2013 <http://ufn.ru/tribune/trib122.pdf>.