

УДК 371. 72

*МИКОЛА ЧУМАК, доктор педагогічних наук, завідувач
кафедри теорії та методики навчання фізики і
астрономії, Національний педагогічний університет
імені М. П. Драгоманова
ORCID ID 0000-0002-9956-9429
chumak.m.e@gmail.com*

У ЧОМУ ПОЛЯГАЄ ВІДМІННІСТЬ МІЖ ТЕОРІЄЮ І ПРАКТИКОЮ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ?

*MYKOLA CHUMAK, Doctor of Pedagogic Sciences, Head of
the Department of Theories and Methods of Teaching
Physics and Astronomy National Pedagogical
Dragomanov University, Ukraine*

WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN THEORY AND PRACTICE OF PHYSICAL EXPERIMENT?

У змістовому наповненні статті розкривається проблема тісного взаємозв'язку теорії і практики фізичного експерименту шляхом пошуку рис спільного та відмінного між "біполярним".

Окреслено можливість взаємозаперечення теоретичних концептів результативністю експериментальних досліджень, що стимулює розвиток науки та продукує формування суспільного інтересу до її вивчення.

Підсумовано, як у процесі науково-технічного поступу відбулося нагромадження предметних прикладів коли зміст теорій безперешкодно підтверджувався незважаючи на існуючі протиріччя наявних емпіричних даних.

Узагальнено ситуативність, за якої теоретична кристалізація кожної нової теорії, призводила до появи множинності доступних для нас даних фізичної науки.

Актуалізовано необхідність перевірки цілісної системи наукових ідей з допомогою залучення чотирьохступеневого спектру підходів: метатеоретичного, інтертеоретичного, філософського та емпіричного.

Ключові слова: філософія науки, наукова теорія, фізичний дослід.

Summary. The article deals with the fact that in the philosophy of science it is considered that the compliance with a fact is not only necessary, but also sufficient for the acceptance of a scientific theory, because scientific theories are just a collection of data, moreover, their classifications and weak extrapolations.

And if theoretical foresight comes into conflict with some empirical facts, then all the blame falls on the theory, and without any appeal, because the supreme authority is experiment. This point of view is not true methodologically and philosophically, as well as historically. Since the above task will be based on the content of historiosophical determinants, we will proceed to outline the internal connections of theory and experience, without rejecting the advantages of one of these poles.

Each content line of a scientific theory is related to research and experimental work in at least three ways: verification of the existing theoretical facts under the real-existing reality, which is realized through the involvement of research tools (observation, measurement, and processing of results); involvement in the process of planning and further interpretation of data obtained in the process of observations,

measurements, or experiments; application of available theoretical potential for practical purposes in such a way as to achieve certain changes regarding the previous state.

To reveal the historiosophical depth of the above trio, it is necessary to reflect the significance of the first two cases through the prism of general methodological provisions, without resorting to the technical details of statistical conclusions and experimental ideas of the average researcher.

Given such a range of activity variations, we can conclude that our theoretical prediction can directly "come into conflict" with fragmentary empirical facts. In this case, the representatives of prominent scientific circles are sure to accuse the unreliability and inadmissibility of the theory itself, and without the right to unsubstantiated appellate steps, as under such conditions, the only experience is the highest instance. The latter factuality is not justified today from both methodological and historiosophical points of view, which is proved by the list of the following facts. First, at the level of general physical practice, as a rule, facts that come into conflict with established theories are immediately rejected and do not fall under reflection.

Second, the pure facts themselves reliable data, as they are produced and interpreted by drawing on the scientific potential of existing theories.

Third, the vast majority of theories do not concern observations and measurements (not to mention in this case the facts of perception) of idealized models, but primarily real objects, which explains the proximity to real existence.

Fourth, hypothetical assumptions that can be tested often mostly crystallize theoretically at the level of the conjunction of theory and additional predictions, as well as a volumetric block of informative data that differ from each other and serve as an informal "equivalent" for testing the proposed theory.

Key words: philosophy of science, scientific theory, physical experiment.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Прагматична цілісність соціально-економічних перетворень поживала розвиток суспільного інтересу до активізації експериментальних досліджень на базі різних закладів освіти. У зв'язку з цим, актуалізувалася необхідність підвищення рівня уваги педагогічних колективів до ґрунтовних перетворень, покликаних привести у коло теоретичного розгляду елементи науково-дослідної роботи. Проте разом з позитивними сторонами феноменологічного функціонування спостерігалася й певна неготовність педагогів природничого профілю (зокрема, фізиків) до систематичного залучення експериментальних досліджень у навчальну роботу, що суттєво збіднило рівень викладання, а наслідково – і засвоєння матеріалу суб'єктами пізнання.

Аналіз досліджень і публікацій. Значний внесок у розроблення окремих аспектів досліджуваної проблематики зробили такі сучасні українські учені, як О. Ляшенко, П. Атаманчук, В. Сиропок, М. Садовий, А. Кух та інші. Проте залишаються ще окремі змістові лінії феноменологічного функціонування, над висвітленням яких зупинимось більш предметно.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кожна змістова лінія наукової теорії дотична до дослідниць-

ко-експериментальної роботи щонайменше трьома способами:

- перевіркою існуючої теоретичної фактажності в умовах дійсності, що реалізується з допомогою залучення дослідницького інструментарію (спостереження, вимірювання, обробки результатів);

- залученням до процесу планування і подальшої інтерпретації отриманих вихідних даних, реалізації спостережень, вимірювань, або експериментів;

- застосуванням існуючого теоретичного потенціалу у практичних цілях таким чином, щоб досягнути певних змін щодо попереднього стану.

Для того, щоб розкрити історіософську глибинність викладеного вище тріо, слід відрефлексувати значущість перших двох випадків крізь призму загальнометодичних положень. При цьому не слід вдаватись до технічних деталей статистичних висновків та експериментальної задумки пересічного дослідника.

Оскільки поставлене завдання буде компліувати до високозмістовності історіософських детермінант, перейдемо до окреслення внутрішніх зв'язків теорії та дослідів, не відкидаючи переваг одного з цих полюсів.

З практичної точки зору, перевірка наукової теорії є доволі складним і часозатратним процесом, на рівні якого виділяються наступні діяльнісні прояви (зокрема, які передбачають роботу з певною вихідною "канвою" теорії):

- попередня, неепічна за своєю природою перевірка на предметність сумісності з усталеним знаннявим конструктом;

- залучення допоміжних засобів, які вможливають реалізацію завдань теоретичного моделювання і побудову гіпотез щодо передбачуваних і в той же час не спостережуваних об'єктів дослідження;

- унесення додаткових теоретичних "реквізитів" формалізованого змісту, що продукує необхідність пошуку нових даних і подальшого їх зіставлення з канвою прогностичного матеріалу. За таких умов уможливується проведення оцінної роботи на рівні наявних діяльнісних кроків,

тим самим продукуючи пізнання особливостей оточуючого світу.

На наукознавчому рівні об'єктивна потреба в пошуку рівнів відповідності сформульованих фактів певному реально існуючому не лише є запорукою наукового успіху, але й обов'язковою умовою для "істинного" формулювання концептів наукової теорії, відтвореної не лише сукупністю даних, але і їх кодифікаціями з наявними лініями слабких модифікацій та екстраполяцій (*Bravyi, Gosset & Movassagh, 2021*).

За умов задання такого спектру діяльнісних варіацій можемо прийти до того, що наше теоретичне передбачення здатне "вступити" у конфлікт з фрагментарними емпіричними фактами. Безумовно, що представники досвідчених наукових кіл у такому випадку звинуватять недостовірність і неприйнятність самої теорії, причому без права на голослівність апеляційних кроків, оскільки вищою інстанцією у даному випадку стає лише дослід. Остання фактажність на сьогодні не є виправданою як з методологічної, так і з історіософської позиції, що аргументується наступним (*Fantner & Oates, 2021*). По-перше, на рівні загальної фізичної практики, як правило, факти, що вступають у конфлікт з установленими теоріями, одразу відкидаються і не підпадають під відрефлексування.

По-друге, самі факти не є достовірними даними, оскільки вони продукуються та інтерпретуються за допомогою залучення наукового потенціалу існуючих теорій.

По-третє, переважна більшість теорій стосується не спостережень і вимірювань (не згадуючи у цьому випадку і про факти сприйняття) ідеалізованих моделей, а передусім реально існуючих об'єктів, що пояснює їх наближеність до реально-існуючого буття.

По-четверте, гіпотетичні припущення, які піддаються перевірці здебільшого теоретично, кристалізуються на рівні кон'юнкції теорії і додаткових передбачень, а також обширного блоку інформативних даних, які відрізняються одні від одних та слугують неформальним "еквівалентом" для перевірки запропонова-

ної на розгляд теорії (*Gentile, Flynn & Knauer, 2021*).

Історія розвитку науки і техніки сповнена прикладів таких теорій, зміст яких безперешкодно підтверджується, незважаючи на існуючі протиріччя наявних емпіричних даних. Така ситуативність є практично виправданою, оскільки вихідні дані не хибні, що продукує необхідність перегляду попередньо усталеного. Намагаючись відійти від теоретичних узагальнень, подамо більш предметні приклади на рівні фізичної науки. Шлях від усталеного до "інноваційного" характерний і на рівні випадків з формулюванням наукових обґрунтувань про "аномалії" у русі планет (зокрема, за винятком Меркурія). Такі "аномалії" інтерпретувалися у наукових колах не як відхилення небесної механіки Ньютона, а як показник обмеження інформації, або труднощів проведення точних обчислень у рамках цієї теорії. Шлях теоретичної кристалізації у багатьох випадках був характерним і для кожної нової теорії, що обґрунтовувала множинність доступних для нас даних.

Загалом існуючі теоретичні обґрунтування можуть "конфліктувати" з постулатами, на горизонті яких відсутні більш аргументовані теорії, що актуалізує породження несуттєвих, або у гіршому випадку непристосованих до наукового консенсусу непорозумінь. Так було з ейнштейнівською теорією броунівського руху. Остання виявилася вирішальною на шляху до обґрунтування атомістичної теорії будови речовини. І на правах дійсності ця теорія підтвердилася вимірюваннями Перрена, але відкидалася вимірюваннями В. Генрі. Окрім цього, названа теорія приймалася науковими колами ще й тому, що пояснювала броунівський рух та узгоджувалася з такими теоріями, як кінетична теорія газів і хімічна теорія атома. На основі наведених прикладів з історії фізичної науки стає зрозумілим, що відповідність або невідповідність факту нерідко виявляється достатньою для того, щоб прийняти чи відкинути наукову теорію.

За умов перебігу такого спектру теоретичних узагальнень стає зрозумілим, що будь-яка органічно цілісна

система наукових ідей оцінюється у світлі результатів чотириступеневої перевірки з позицій таких підходів:

- метатеоретичного;
- інтертеоретичного;
- філософського;
- емпіричного.

Перше тріо підходів формує неемпіричний "плацдарм" перевірки, а сукупна цілісність перших чотирьох може дещо підсилити ступінь істинності самої теорії. Для того, щоб збагнути предметну глибинність наведеного квартету підходів, варто перейти до детального аналізу кожного з них.

Метатеоретичний рівень перевірки охоплює форму та зміст теорії. За таких умов основоположною метою стає пошук відповіді на наступне коло запитань: "Чи є теорія внутрішньо непротивічною?", "Чи має вона недвозначне значення у тому вигляді, у якому сформульована?", "Чи перевіряється вона емпірично за допомогою залучення додаткових конструктів (зокрема, гіпотез, що пов'язують неспостережуваність зі спостережуваністю?)".

Інтертеоретичний рівень перевірки з'ясує сумісність даної теорії з попередньо усталеними (зокрема тими, які логічно вплітаються у зміст досліджуваної). Така сумісність нерідко досягається на рівні окремих граничних випадків (наприклад, для великих або малих значень деяких характерних параметрів: маса, відносна швидкість руху тіла та ін.).

Загальнофілософський рівень перевірки передбачає дослідження метафізичних та епістемологічних переваг ключових понять і прогностичних векторів існуючих теорій у світлі тієї або іншої науки, дотичної до філософського дискурсу. Так, з точки зору позитивізму переважним чином піддаються феноменологічному обґрунтуванню такі теорії: термодинаміки, S-матриці, біхевіоризму. Перелік тих теорій, які у проявах намагань пояснити будову і структуру досліджуваної системи нехтують теоретичним началом або навіть вступають у протиріччя з неаргументованими емпіричними доведеннями, потребує глибинного відрефлексування та аргументованого пояснення.

За тих обставин, коли теорія відпо-

відає метатеоретичним, інтертеоретичним і філософським вимогам, її слід розглядати як готовий матеріал, який можна піддати впливу емпіричної перевірки (*Kojaku, Hebert-Dufresne & Mones, 2021*).

Будь-яка емпірична перевірка є підтвердженням деяких з нескінченної множини логічних наслідків початкових передбачень теорій. Останні збагачені допоміжними гіпотезами і фактами, а також деякою інформацією, яка отримана за допомогою спостережень, вимірювань або експериментів. Так, для того щоб перевірити теорію гравітації, потрібно звернути увагу на деякі її теореми і побудувати за допомогою понять даної теорії модель досліджуваної фізичної системи, яка буде включати лише ті властивості реальних речей, які найбільш ціннісні для дослідника.

Слід зауважити, що планування експерименту передбачає залучення додаткових гіпотез для того, щоб прослідкувати зв'язок даної величини (наприклад, тиск газу) з іншою, що піддається вимірюванню (наприклад, висота стовпчика рідини), а також теоретичне представлення про усталовку загалом.

Наукову теорію неможливо піддати емпіричній перевірці, не пов'язуючи її з іншими теоріями. Перш за все, якщо теорія охоплює лише деякі аспекти своїх референтів (наприклад, їх магнітні властивості), то будь-яка емпірична операція, що залежить від реальних об'єктів, буде протистояти намаганням абстрагувати їх від тих аспектів, якими теорія спеціально нехтує. Деякі теорії не можуть бути перевірені, оскільки не стосуються спостережуваних фактів. Вони обмежуються твердженнями з приводу того, що сталося або може статися незалежно, чи будуть ці події спостерігатися, або ні. Так, теорія електричних кіл належить до електричних струмів, але вона не формує умов своєї власної перевірки. Остання вимагає залучення додаткової теорії, а саме концептів електродинаміки, яка прокладає місток від неспостережуваних даних (інтенсивність струму та ін.) до спостережуваних (кут відхилення стрілки вимірювального приладу та ін.). У більшості випадків тео-

рію слід розглядати у сукупному переліку існуючих концептів, а не лише з точки зору окремих фрагментів різних теорій.

Іншими словами, наукові теорії, які не перевіряються у світлі їх галузевих зв'язків з іншими емпіричними поняттями, можуть бути сумнівними. Цей зв'язок, без якого неможливо обійтись під час перевірки теорії, повинен бути дотичним і до інших галузей знань (міжпредметні лінії взаємодій).

Продовжуючи виклад, слід зауважити, що недарма учені-теоретики зазначають, що будь-яка наукова теорія ґрунтується на експериментальних даних. Фактично кожне експериментальне дослідження, у якому не передбачається формулювання нової теорії, зводиться до:

- обчислень, які можуть у майбутньому вступити в конфлікт з емпіричними результатами;
- комбінацій, які є в обігу експериментальних даних і функціонують із загальною схемою для того, щоб привнести усвіт пізнання інформативність, щодо досліджуваної системи.

У будь-якому випадку дослідницька робота розпочинається з конструювання окремих загальних схем, а не фрагментів. Тому саме загальна схема наштовкуватиме дослідника на думку про характер потрібної інформації і правильний шлях для її пошуку. За таких умов і розсіювання атомних пучків буде вимірюватися або розраховуватися у розрізі витрат енергії і поперечних перерізів розсіювання, а не ентропії. Таким чином, загальна теорія розставляє пріоритети щодо першості величин.

Аналогічна система циркулює і на загальнотеоретичному рівні, коли до уваги беруться пряма та зворотна задачі. Пряма – задає загальну схему й окремі штрихи специфічної моделі досліджуваної системи, передбачає визначення загальної формули встановленого зразка, яку ілюструє. Для того, щоб теоретичні узагальнення були не абстрактними, а предметними, вважаємо за доцільне навести декілька прикладів з розділів фізичної науки. Наприклад, коли розглядає-

мо класичну механіку (у загальних рисах) і перед нами постає визначена модель рідини, тоді ми можемо охарактеризувати її відповідним переліком показників. Коли працюємо на рівні квантової механіки та стандартної моделі Гелію (система трьох тіл, що пов'язані кулонівськими силами), можемо проаналізувати отриманий спектр енергій. Якщо ідейність другої моделі – адаптувати до системи силових центрів притягання або відштовхування, тоді матимемо змогу розрахувати поперечний переріз розсіювання для пучка із заданими характеристиками.

Наведений перелік прикладів стосувався предметності прямих задач, а зараз перейдемо до прикладів зворотних. Коли розглядатимемо досліджуване на рівні класичної механіки і множини ліній струму, тоді актуалізуватиметься завдання вивести масу і густину, а також тензор напруг. За умов зіставлення даних квантової механіки актуалізується завдання визначення усіх складових даної системи і сил, які діють між ними. Якщо ж дослідницька увага націлиться на розгляд квантової механіки і поперечного перерізу як функції енергії, тоді до уваги слід узяти сили, які діють між частинками. У будь-якому випадку зворотна задача полягає в наступному: спочатку розглядається загальна теоретична схема і відповідні емпіричні дані, а вже потім переходимо до визначення тієї моделі, яка найбільш оптимально задовольняє наші дослідницькі потреби.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи проаналізоване, зробимо висновок, що дотичність наукової теорії до науково-експериментальної роботи очевидна щонайменше на рівні двох основних концептів – перевірки та вимірювання. У процесі окреслення внутрішніх зв'язків теорії та експерименту ми дійшли до узагальнення стосовно необхідності врахування переваг кожного із заявлених фізичних "полюсів". Звернено увагу на те, що виникнення суперечливих "диспозицій" між теоретичними передбаченнями та емпіричними фактами в

багатьох випадках продукується недостовірністю фактажного багажу, безпредметністю гіпотетичних припущень, недосконалістю ідеалізованих моделей.

Перспективним напрямом у подальших наукових розвідках може послугувати ідейність розкриття персоніфікованого внеску педагогів-фізиків у розбудову експериментальних досліджень на базі освітніх центрів різних регіонів України.

REFERENCES

- Bravyi, S., Gosset, D. & Movassagh, R. (2021). Classical algorithms for quantum mean values. *Nature Physics*, 17, 337–341. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-020-01109-8>
- Fantner, G. E. & Oates, A. C. (2021). Instruments of change for academic tool development. *Nature Physics*, 17, 421–424. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01221-3>
- Gentile, A. A., Flynn, B. & Knauer, S. (2021). Learning models of quantum systems from experiments. *Nature Physics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01201-7>
- Kojaku, S., H?bert-Dufresne, L. & Mones, E. (2021). The effectiveness of backward contact tracing in networks. *Nature Physics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01187-2>
- Nakajima, S., Takei, N. & Sakuma, K. (2021). Competition and interplay between topology and quasi-periodic disorder in Thouless pumping of ultracold atoms. *Nature Physics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01229-9>
- Reichert, S. A. (2021). Signal from the ice. *Nature Physics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01227-x>
- Zheng, X., Deur, A. & Kang, H. (2021). Measurement of the proton spin structure at long distances. *Nature Physics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01198-z>

Стаття надійшла 2.03.2021 р.