

## ІННОВАЦІЇ В ОСВІТІ

DOI 10.33930/ed.2019.5007.48(1-3)-4  
УДК 530:001.4-129:51

**ФІЗИЧНА ТЕОРІЯ: ЕМПІРИЧНА КОМПОНЕНТА, ЗАГАЛЬНА  
ТЕОРІЯ І МОДЕЛЬ**  
*PHYSICAL THEORY: EMPIRICAL COMPONENT, GENERAL THEORY AND  
MODEL*

**М. Є. Чумак  
В. В. Єфименко**

**Актуальність теми дослідження.** Якою б близькою до досліду не здавалася та чи інша теорія, її емпірична перевірка завжди вимагає допомоги деяких інших теорій, що входять у задум перевірки у конструкцію наукових приладів, включених в експеримент, а також сам спосіб зчитування інформації з них. Іншими словами, в будь-яку експериментальну ситуацію будуть залучатися дві множини теорій: теорія, яка підлягає перевірці, і сукупність фрагментів теорій, що пояснюють експериментальну установку.

**Постановка проблеми.** Для створення фізичної теорії фізику теоретику необхідно: знайти сукупність даних, формули, що охоплюють їх множини, безліч формул, що охоплюють дані, з'єднати їх в теорію, висувати гіпотези, що далеко йдуть, якщо вони в головному допускають зіставлення з емпіричними даними; представити сукупність спеціальних теорій (теоретичних моделей); знайти загальну теорію, відкинути декілька спеціальних гіпотез й узагальнити інші; загальну теорію з'єднати із спеціальними припущеннями, щоб отримати теоретичну модель. При цьому необхідно враховувати реальні проблеми, що є в наявності, отримати безліч передбачень, здійснюючи зв'язок з реальними даними, зробити ряд передбачень, прослідкувати їх виконання і зробити висновок про цінність передумов. Якщо це необхідно, можна змінити останні, відкинувши невизначені дані.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якщо теорія не пов'язана з реальністю і не містить ніяких

**Urgency of the research.** No matter how close a theory may seem to the experiment, its empirical verification always requires the help of some other theories that are included in the design of the scientific instruments included in the experiment, as well as the very way of reading information from them. In other words, in any experimental situation, two sets of theories will be involved: the theory to be tested and a set of fragments of theories that explain the experimental setup.

**Target setting.** To create a physical theory, a theorist needs to find a set of data, formulas covering their set, a set of formulas covering the data, combine them into a theory, put forward far-reaching hypotheses if they are mainly comparable to empirical data; present a set of special theories (theoretical models); find a general theory, reject several special hypotheses and generalize others; combine the general theory with special assumptions to obtain a theoretical model. At the same time, it is necessary to take into account the real problems that are available, to obtain a set of predictions by linking them to real data, to make a number of predictions, to monitor their fulfillment, and to conclude on the value of the premises. If necessary, you can change the latter by discarding uncertain data.

**Actual scientific research and issues analysis.** If a theory is not related to reality and does not contain any

тверджень відносно законів, вона не може робити пророцтв. Іншими словами, комбінації даних, отримувані за допомогою наукових теорій, не мають бути ні довільними, ні магичними. При такому обмеженні наукова теорія, звичайно, може розглядатися в чисто практичних цілях як фабрика даних. Фізична теорія повинна мати на вході деякі фактичні дані і бути здатною отримувати з них на виході безліч можливих даних таким чином, щоб як вхід, так і вихід узгоджувалися з припущеннями теорії - законами, зв'язками тощо.

**Постановка завдання.** Розглянемо емпіричну компоненту фізичної теорії, представлення загальної фізичної теорії та її моделі

**Виклад основного матеріалу.** У статті розглядаються деякі сучасні проблеми методології основ фізики, зокрема взаємозалежності теорії і даних.

**Висновки.** Будь-яка наукова теорія є гіпотетико-дедуктивною системою, тобто системою, що ґрунтується на гіпотезах або твердженнях, які йдуть далі спостережень, тобто торкаються цілого класу фактів, а не тільки тих, які нам трапляється спостерігати. Крім того, спостережуваність, або, швидше, вимірність, залежить від теорії. Без теорії ми не отримали б багатьох найбільш цікавих і точних даних. Прогрес науки полягає не у все більшому виключенні неспостережуваних, а в їх примноженні і науковому застосуванні. Доступна дослідженню неспостережувана так чи інакше пов'язана із спостережуваними ефектами і має принаймні таку ж цінність у розкритті значення старих і припущенні нових неспостережуваних, як і змінна, якою можна маніпулювати безпосереднім чином. Вона набагато цінніша, ніж спостережувані, не оброблені за допомогою теорії.

**Ключові слова:** фізична теорія, загальна фізична теорія, емпірична компонента теорії, модель фізичної теорії

statements about laws, it cannot make predictions. In other words, the combinations of data obtained with the help of scientific theories should be neither arbitrary nor magical. With this restriction, a scientific theory can, of course, be viewed for purely practical purposes as a data factory. A physical theory must have some actual data as input and be able to produce a set of possible data as output in such a way that both input and output are consistent with the assumptions of the theory - laws, relationships, etc.

**The research objective.** Consider the empirical component of physical theory, the representation of general physical theory and its model.

**The statement of basic materials.** The article discusses some modern problems of the methodology of the fundamentals of physics, in particular the interdependence of theory and data.

**Conclusions.** Any scientific theory is a hypothetical and deductive system, i.e., a system based on hypotheses or statements that go beyond observations, i.e., touch on a whole class of facts, not just those that we happen to observe. Furthermore, observability, or rather measurability, depends on theory. Without theory, we would not get much of the most interesting and accurate data. The progress of science lies not in the increasing exclusion of the unobservable, but in their multiplication and scientific application. The unobservables available to research are somehow related to the observed effects and are at least as valuable in revealing the meaning of old unobservables and suggesting new ones as a variable that can be manipulated directly. It is much more valuable than observables that are not processed by theory.

**Keywords:** physical theory, general physical theory, empirical component of the theory, model of physical theory

Актуальність теми. Якою б близькою до досліду не здавалася та чи інша теорія, її емпірична перевірка завжди вимагає допомоги деяких інших теорій, що входять у задум перевірки у конструкцію наукових приладів, включених в експеримент, а також сам спосіб зчитування інформації з них.

Іншими словами, в будь-яку експериментальну ситуацію будуть залучатися дві множини теорій: теорія, яка підлягає перевірці, і сукупність фрагментів теорій, що пояснюють експериментальну установку.

У теоретичній фізиці зазвичай уникають двох крайностей. Однією з них є *апріорна теорія*, яка не потребує ніяких даних, а інша - теорія, що приймає усі можливі дані, навіть ті, які їй суперечать. Будь-яка, навіть помилкова, достовірно фізична теорія надає місце для деяких даних, а саме взаємно сумісних даних одного виду відносно фізичних систем певного типу і в певних станах. Будь-яка фізична теорія, якщо вона збагачується відповідними частковими передбаченнями, здатна в необмеженій кількості надавати нові можливі дані, тобто робити передбачення - або ретророзповіді. Теорія, позбавлена можливості передбачення, не може бути використана і, отже, не піддається емпіричним перевіркам.

**Постановка проблеми.** Для створення фізичної теорії фізику теоретику необхідно: знайти сукупність даних, формули, що охоплюють їх множину, безліч формул, що охоплюють дані, з'єднати їх в теорію, висувати гіпотези, що далеко йдуть, якщо вони в головному допускають зіставлення з емпіричними даними; представити сукупність спеціальних теорій (теоретичних моделей); знайти загальну теорію, відкинути декілька спеціальних гіпотез й узагальнити інші; загальну теорію з'єднати із спеціальними припущеннями, щоб отримати теоретичну модель. При цьому необхідно враховувати реальні проблеми, що є в наявності, отримати безліч передбачень, здійснюючи зв'язок з реальними даними, зробити ряд передбачень, прослідкувати їх виконання і зробити висновок про цінність передумов. Якщо це необхідно, можна змінити останні, відкинувши невизначені дані.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Властивість передбачення кожної фізичної теорії підвищує її авторитет, і водночас є настільки дивною, що живить точку зору інструменталізму, згідно з яким наукові теорії зовсім не є картинами світу, а є не що інше, як засоби для отримання даних. Ця популярна точка зору абсолютно помилкова. Якщо теорія не пов'язана з реальністю і не містить ніяких тверджень відносно законів, вона не може робити пророцтв. Іншими словами, комбінації даних, отримувані за допомогою наукових теорій, не мають бути ні довільними (подібно до лотерейних комбінацій), ні магічними. При такому обмеженні наукова теорія, звичайно, може розглядатися в чисто практичних цілях (тобто залишаючи пояснення збоку) як фабрика даних. Фізична теорія повинна мати на вході деякі фактичні дані і бути здатною отримувати з них на виході іншу безліч можливих даних таким чином, щоб як вхід, так і вихід узгоджувалися з припущеннями теорії - законами, зв'язками тощо. Поняття узгодження включає поняття *доцільності* (relevance). Так, поняття граничних умов застосовне тільки по відношенню до теорій польового типу, таким, як гідродинаміка і квантова механіка. Але узгодження є щось більше, ніж доцільність, - це також і логічна *сумісність*. Так, (уявні) дані "швидкість поширення  $F$ -поля є нескінченною, навіть якщо вони і були б істинними, несумісні з (уявною) теорією  $F$ -поля, і, відповідно, їх не можна застосувати для яких-небудь розрахунків. Однією з часткових форм сумісності є сумісність миттєвих значень (instantiation). Так, початкова ентропія є частковим випадком значення ентропії і тому сумісна з будь-якою теорією, що містить це поняття, поки не будуть незалежно зафіксовані значення інших фізичних величин, пов'язаних з ентропією. Як дані входу, так і дані виходу будуть узгоджуватися з теорією, якщо обчислення правильні. Цей процес не може

сприяти отриманню суттєво глибших потенційних даних, ніж це передбачається законами, що містяться в теорії. Одним словом, його логічна схема така: “Теорія, дані → передбачення”.

Ця схема справедлива незалежно від виду фізичної теорії. Вона може бути феноменологічною, подібно до теорії електричних кіл, або описувати деякий механізм, подібно до теорії провідності у фізиці твердого тіла. Вона може бути стохастичною, подібно до квантової механіки, або нестохастичною (“детерміністичною”), подібно до загальної теорії відносності. Зауважимо також, що, тоді як безліч даних у наведеній вище схемі є кінцевою, багато передбачень потенційно нескінченні. Те, що ми отримуємо в результаті розрахунків у теоретичній фізиці, не є просто сукупність чисел, а безліч співвідношуваних функцій. І безліч значень цих функцій має зазвичай потужність щонайменше множини натуральних чисел.

У цьому немає нічого магічного, а також немає ніякої індукції. Хоча число даних, що вводяться в теорію, звичайно, все ж деякі з гіпотез є універсальними. Вони приймаються як ті, що мають силу для всіх можливих об'єктів якого-небудь виду, всіх можливих значень деякої “незалежної” змінної тощо. Ця універсальність вважається настільки само собою зрозумілою, що ми зазвичай нехтуємо написанням відповідних кванторів перед даними рівняннями. Така зневага неприпустима в аксіоматичному формулюванні. Наприклад, коли ми записуємо в повній формі закон Фарадея для електромагнітної індукції, нам слід передувати йому наступною фразою: “В будь-якій точці просторово-часового різноманіття, для кожного електромагнітного поля і кожного зарядженого тіла існує система відліку така, що” - і тут повинна слідувати перша трійка рівнянь Максвелла.

Постановка завдання. Розглянемо емпіричну компоненту фізичної теорії, представлення загальної фізичної теорії та її моделі

Виклад основного матеріалу дослідження. Попередня оцінка взаємозалежності теорії і даних має на увазі заперечення точки зору, згідно якої теорії є тільки додаванням наявних даних і - найбільше - слабку екстраполяцію за межі останніх. Якби теорії були не чим іншим, як підсумовуванням даних, вони навряд чи передбачали дані, не кажучи вже про передбачення нескінченного числа їх, і давали б значно менше даних, відмінних за якістю від тих, які вводяться в теорію, як відбувається у тому випадку, коли характеристики полів обчислюються по зарядах і струмах. Крім того, якби теорія була тільки “концентрацією” даних, вона не могла б їм суперечити. І ми були б не в змозі зрозуміти (пояснити) що-небудь за допомогою теорії, бо дані незалежно від їх кількості є не поясненням, а щось таке, що саме підлягає поясненню.

Фактуалістичний погляд ігнорує не лише природу теорій, але також їх роль у виявленні даних. У фізиці ця величина зазвичай є витонченим терміном, який не може бути навіть сформульований поза якою-небудь теорією.

Візьмемо, наприклад, трек у бульбашковій камері або у фотографічній емульсії. Для того щоб інтерпретувати його як слід, залишений частинкою, ми повинні припустити: а) що існувала така частинка; б) що ця частинка була електрично зарядженою, як це і вимагається згідно нашої теорії, для того щоб частка залишила слід; в) що ця частинка може взаємодіяти з речовиною; г) що ця гіпотетична частинка задовольняє принаймні закону збереження енергії й імпульсу - бо тільки це дозволить нам розшифрувати деякі цифри у вимірюваних нами величинах (довжини і густину треків). Якби ці теореми збереження не передбачалися, то було б неможливо виявити нейтральні частинки й оцінити

значення їх мас. Ця гіпотеза, поза сумнівом, є теоретичною основою методу “зниклої” маси. Будь-яка невідповідність спостережуваних треків теоремам збереження енергії й імпульсу можна було б приписати або неспроможності самих теорем збереження, або наявності однієї або декількох нейтральних частинок, які несуть із собою частину початкового імпульсу. Фізики-експериментатори принаймні в цьому пункті довіряють теорії. Вони припускають, що ця гіпотеза справедлива, і таким чином отримують можливість відкрити ряд нейтральних частинок.

Роль теорій в експерименті не менш важлива, ніж роль емпіричних даних в активуванні теорій і перевірці їх. Так, астрономові потрібна оптика, щоб спроектувати і настроїти телескопи; подібним же чином фізик, який вивчає елементарні частинки, потребує теорій, що пояснюють функціонування детекторів, в протилежному випадку він міг би зайнятися підрахунком биття свого серця; будь-який учений, який користується гальванометром або навіть просто шкалою, довіряє теорії свого інструменту. Будь-яка теорія відносно експериментальної установки або якій-небудь з її компонент може бути названа інструментальною теорією, тоді як теорія, яка активується або випробовується, є субстантивна (substantive) теорія.

Референтом інструментальної теорії є, таким чином, деякий артефакт, наприклад фотографічна емульсія, а не природний об'єкт на зразок космічних променів. Субстантивні теорії не відносяться ні до яких конкретних артефактів, навіть якщо ці теорії достатньо загальні й охоплюють деякі аспекти багатьох інструментів. Проте деякі гранично загальні теорії, наприклад релятивістська теорія гравітації і квантова механіка, часто викладаються за допомогою посилення на інструменти і вимірювання, такі, як покази годинників і дифракція через систему щілин. Ці посилення помилкові, оскільки загальні теорії не пов'язують себе зі спеціальною апаратурою. Зокрема, релятивістські теорії говорять не про годинник, а про час. Якби вони торкалися годинника, то а) вони містили б часткові припущення відносно реального годинника певного виду (маятникових, атомних, лазерних тощо) і б) не потрібні були б ніякі спеціальні теорії годинника, можна було б використовувати релятивістські теорії для розрахунку, скажімо, періодичних передач імпульсу маятнику, тертя як функції швидкості та інших характеристик будь-яких механічних годинників. Як би то не було, теорія годинника є суто спеціальним додатком загальної теорії - звичайної механіки. Те ж саме справедливе і для уявних вимірювальних установок, що зустрічаються в операціональних формулюваннях квантових теорій. Такі інструменти не можна було б ні винайти, ні оперувати з ними поза квантовою механікою та іншими додатковими теоріями.

Взаємозалежність теорії й експерименту відкидає поширена думка, згідно з якою фізика (і наука взагалі) подібна до плоду з твердим ядром, оточеним ніжним м'якушем. Ядро - це безліч даних, а м'якуш - це теорії, побудовані навколо них. Як ядро, так і м'якуш знаходяться в процесі неперервного зростання (ядро у своєму зростанні випереджає м'якуш), і якщо перше росте кумулятивно, то теорії “відкушуються” кожним новим експериментом. Цю точку зору можна спростувати двояким чином: і за допомогою контрприкладів, і шляхом доведення того, що вона не відповідає реальному методу дослідження. Що стосується контрприкладів, то досить згадати наступне: а) вже після того, як було оголошено про порушення об'єднаного закону збереження заряду і парності, була здійснена послідовність експериментів, результати яких коливалися між альтернативними свідченнями за і проти цього закону; б) у фізиці твердого тіла,

де дуже істотна чистота зразка (бо небажані домішки можуть позначатися на його макровластивостях), дуже часто спостерігається незгода між рівно компетентними експериментаторами. Дані фізики твердого тіла не менш текучі, ніж дані інших галузей.

Відносно методологічної неспроможності аналогії з плодом досить буде відмітити два пункти. Перший полягає в тому, що експериментатори мають справу з реальними матеріалами, які рідко бувають чистими, і маніпулюють ними у сфері активного і забрудненого оточення, що складається з повітря і деякого асортименту полів. Оскільки такі умови не завжди можна контролювати або навіть встановити, експериментатори отримують різні результати за тих же самих умов, бо фактично неможливо в точності відтворити яку-небудь цю умову. Усе, що може зробити експериментатор, полягає в наступному: а) ретельно усувати джерела розбіжностей (наприклад, поліпшити ізоляцію), б) точніше фіксувати дійсні умови експерименту, в) коригувати свої дії за допомогою теорій. Але навіть і в цьому випадку дані обов'язково в чомусь розходяться; точна узгодженість часто обертається випадковим збігом. Друге питання про метод торкається відношення теорії до експерименту. Емпірична інформація добувається як у світлі деякої теорії (хоча, можливо, вона знаходиться в зачатковому стані), так і за допомогою різних інструментальних теорій.

Підсумовуючи, дані можуть бути такими ж суперечливими, як і теорії. Але при досить гнучкому співвідношенні даних і теорії, їх взаємоперевірці ніякі стійкі помилки не неможливі. Постійна можливість двосторонньої корекції властива науці, ніж метод проб і помилок, або кумулятивне зростання, або ж тотальна революція.

Таким чином, взаємовідношенням між теорією і даними є:

- дані можуть стимулювати створення теорій. За умови, якщо вони аномальні (розходяться з якоюсь теорією) або, будучи отримані за допомогою надійних інструментальних теорій, не укладаються в рамки жодної з існуючих незалежних теорій;

- дані можуть активувати теорії. Введення даних в теорію може сприяти отриманню специфічних пояснень або передбачень;

- дані можуть перевіряти теорії. Якщо теоретичні передбачення вступають в протиріччя з даними, то тим самим оцінюється істинність цих передбачень. Проте дані самі по собі не вирішують справи. Для виголошення вироку слід додатково вислухати думку й інших теорій;

- теорія може слугувати провідником у пошуках даних. По-перше, передбачаючи невідомі ще ефекти, по-друге, допомагаючи проектувати експериментальні установки;

- випадкові дані даремні, а іноді можуть вводити в оману. Якщо добре обґрунтовані теорії не беруть участі при отриманні даних, то на ці дані не можна покладатися. Якщо ж вони не узгоджуються принаймні з деякими добре підтвердженими гіпотезами, то це - рідкість, яка може бути пояснена якою-небудь методичною помилкою в проектуванні експерименту або знятті показів;

- теорії не мають ніякого спостережуваного змісту. Якщо потрібно вивести дедуктивно подальшу потенційну інформацію (передбачення), то емпірична інформація (наприклад, початкові температури) має бути введена в теорію ззовні. Отже, а) теорії не можуть бути виведені з даних і б) фізичні теорії не можуть бути інтерпретовані в емпіричних термінах (наприклад, в термінах вимірювання довжини і часу), але в) вони повинні інтерпретуватися в об'єктивних фізичних термінах, тобто шляхом посилання на фізичні системи,

вільні від спостерігача.

**Загальна теорія і модель.** Механіка суцільних середовищ є вкрай загальною теорією, яка описує тіла всіх видів. Вона є настільки загальною, що не може бути застосована ні до однієї часткової проблеми, якщо до неї не додаються спеціальні припущення відносно розглядуваної системи. З іншого боку, механіка матеріальної точки суттєво спеціальна теорія - настільки спеціальна, що вона здатна розв'язувати лише небагато проблем. А класична теорія гармонічного осцилятора - ще більше спеціальна теорія. Вона є теоретичною моделлю будь-якого вільного вібратора. Так само загальна теорія квантованих полів є настільки загальною, що лише з її допомогою не можна розрахувати жодного поперечного перерізу. З іншої сторони, квантова електродинаміка є більш специфічною теорією. Ще більше спеціальною теорією, а саме теоретичною моделлю пружного розсіювання фотонів на електронах, є теорія ефекту Комптона. В обох випадках спеціальна теорія і часткова теоретична модель системи виходять шляхом додавання допоміжних вторинних припущень до загальної схеми, наприклад, приписуючи конкретні значення гамільтоніану або вводячи рівняння композиції (закони композиції речовин). Сказане вище підсумовується так:

{Загальна теорія. Спеціальні припущення} | Спеціальна теорія.

У нових галузях на перших порах дослідження які-небудь загальні схеми (frameworks), як правило, відсутні, у кращому разі мають теоретичну модель, тобто спеціальну теорію, що охоплює вузькі види, а не широкий рід фізичних систем. І якщо хочуть мати справу із специфічним станом речей, наприклад з рідиною в турбулентному русі або з атомним ядром, що бомбардується протонами, потрібно побудувати їх модель незалежно від того, чи є загальна теорія або ні, тобто деяку ідеалізацію або ескіз реальної речі, який відбив би її характерні риси. Іншими словами, теоретична модель системи укладає схематичне уявлення (модель) реальної або передбачуваної системи. Цю модель іноді називають *модельним об'єктом* (таблиця 1).

Таблиця 1

Система	Модельний об'єкт	Теоретична модель	Загальна теорія
Місяць	Сферичне тверде тіло, яке обертається навколо своєї осі, навколо фіксованої точки тощо	Теорія Місяця	Класична механіка і теорія гравітації
Місячне світло	Плоскополяризована електромагнітна хвиля	Рівняння Максвелла для вакууму	Класичний електромагнетизм
Кусок скла	Безладний лінійний ланцюг бусинок	Статистична механіка випадкових ланцюгів	Статистична механіка
Кристал	ґратка плюс електронна хмара	Теорія Блоха	Квантова механіка

Розглянемо перший приклад. Коли в класичну механіку і класичну теорію гравітації вводяться спеціальні припущення і дані відносно якого-небудь певного тіла, отримують спеціальну теорію цього тіла. Так, ми маємо теорії Місяця, теорії Марса, теорії Венери тощо. Найнижчим рівнем тверджень цих теорій є вирази для координат (сферичні геоцентричні), що відносяться до даного тіла. Ці функції є розв'язком рівнянь руху і представлені у вигляді рядів Фур'є. Для того щоб набути числових значень, треба приписати часу певне значення і просумувати відповідний ряд: підсумовування звично здійснюється приблизно - беруть тільки кінцеве число членів розкладання. Будь-яка розбіжність між спеціальною теорією і результатами спостережень може бути

віднесена або до помилок спостереження, або до деяких інгредієнтів теоретичної моделі. Зазвичай розбіжності приписуються членам, що нехтують при розкладанні ряду. Так було у випадку з відомими “гравітаційними невідповідностями” (доволі дивне вживання термінів!) в сучасній теорії Місяця, відкритими в 1968 році. Було б безглуздо шукати причину цих невідповідностей, наприклад, в ефектах спеціальної і загальної теорії відносності. Загальним теоретичним схемам довіряють тільки тому, що, коли їх доповнюють спеціальними припущеннями, вони рідко призводять до подібних розбіжностей з даними. Проте в принципі під підозрою знаходяться всі інгредієнти: загальна теорія, спеціальні припущення, модельний об’єкт, обчислення і навіть дані. Тільки математичний формалізм, що лежить в основі теорії вищий за підозри, якщо йому, звичайно, не властиві внутрішні протиріччя.

Ніякі специфічні обчислення і, отже, ніякі протиріччя з даними не існують без деякого модельного об’єкта або ескізу розглядуваної фізичної системи. *Модельний об’єкт* у поєднанні з множиною тверджень про закони й іншими передумовами дає *теоретичну модель* реальної речі. Означаючи реальну річ через  $R$ , а її модель через  $M$ , ми можемо записати:  $M \cong R$ , тобто “ $M$  представляє  $R$ ”. Будь-яке таке представлення часткове: воно не охоплює (і не повинно охоплювати) кожен окрему рису об’єкта, що представляється. Навпаки, деякі риси моделі  $M$  можуть абсолютно не відповідати референтові  $R$ , тобто бути зайвими. Часткова природа відповідності моделі і речі добре ілюструється двома простими (і дуже бідними) модельними об’єктами: точковою масою і чорним ящиком. Точкова маса, або частинка, - це не річ, а модель тіла. Вона може бути побудована як  $n$ -кратно впорядкований перелік з наступними членами: точка у звичайному просторі, маса і швидкість (Усі інші її властивості є похідними від останніх). Поняття чорного ящика також може розглядатися як пара: система - оточення, що має три функції: вхід, перетворювач і вихід.

У будь-якому з цих двох випадків безформність і безструктурність моделі, будь-то точкова маса або чорний ящик, залежать від властивості натуральної системи, що має форму і структуру, які або невідомі, або насправді не мають відношення до задач, що стоять перед дослідником. Таким чином, втрачаються або навмисно стираються деталі представленого об’єкта. Розглянемо уважніше цю частинну відповідність: відношення матеріальна точка - тіло:

Точкова маса	Тіло
Положення точки	Область простору
Швидкість точки	Поле швидкостей
Маса	Розподіл мас
Сила, що діє на точкову масу	Сила, що діє на тіло
Ударна взаємодія	Сили при зіткненні
Розподіл електричних зарядів (струмів)	Характеристики електромагнітного поля (E,B), (B,H)
Теплопровідність	Розподіл температур
Невизначеність системи	Густина ентропії тощо

Якщо замість моделі як точкової маси  $M$  в якості картини реального тіла розглядається модель у вигляді суцільного тіла  $M'$ , ми отримуємо іншу модель або представлення того ж самого об’єкта, тобто деку його альтернативну теоретичну модель. Будь-яка з моделей у вигляді суцільного тіла  $M'$  (з електродинамічними і термодинамічними властивостями або без них) багатше за модель  $M$ . Існує функція відображення переліку  $M$  в будь-який з переліків  $M'$ , але не навпаки. Взагалі кажучи, з двох модельних об’єктів,  $M$  і  $M'$ , фізичної системи  $R$ ,  $M'$  є складнішим, ніж  $M$ , якщо і тільки якщо є відповідне

відображення з  $M$  в  $M'$ . Дві моделі,  $M$  і  $M'$ , даного конкретного об'єкта  $R$  однаково складні, якщо і тільки якщо існує відповідне відображення  $f$  з  $M$  в  $M'$  і обернене йому. Складніші моделі не обов'язково є істинніші, ніж прості, проте мають для цього більше можливостей.

Будь-який модельний об'єкт не являє собою виключної власності цієї теорії. Наприклад, можна припустити, що точкова маса задовольняє якомусь числу рівнянь руху; таким чином, вона може бути загальною для ряду теоретичних моделей. Власне кажучи, будь-яка ця модель об'єкта в певних межах може бути вписана в множину альтернативних теорій. Оскільки модельний об'єкт є тільки переліком властивостей, ці властивості можуть характеризуватися і взаємно співвідноситися один з одним нескінченним числом способів, створюючи скільки завгодно теоретичних моделей. Навпаки, будь-яка загальна теорія може бути поєднана з альтернативними модельними об'єктами, якщо останні побудовані за допомогою понять, що зустрічаються в загальній схемі. (Це умова дуже важлива, проте про неї часто забувають, коли мова заходить про квантову механіку. Багато з концептуальних труднощів цієї теорії залежить від упертих спроб “прищепити” їй класичні модельні об'єкти, такі, як частинка і хвиля.)

Попередні міркування мають важливі методологічні наслідки. Перший наслідок: емпіричне спростування цієї теоретичної моделі ще не означає спростування загальної теорії, що лежить в її основі, якщо така є. Приклад 1. У деяких неточностях релятивістської теорії гравітаційного поля Сонця слід вважати винним рішення Шварцшільда, засноване на моделі Сонця як точкової маси. Приклад 2. Невдача відповідних теорій ядерних сил при спробі дати задовільне пояснення стабільності, структури і перетворень атомного ядра зовсім не спростовує квантової механіки. Це може залежати від конкретних моделей (тобто від гамільтоніанів), які поки-що не розглядалися.

Другий методологічний наслідок, який витікає з розрізнення загальної теорії, теоретичної моделі і модельного об'єкта, полягає в тому, що загальні теорії, строго кажучи, неперевірні. Насправді, вони не можуть самі по собі розв'язати яку-небудь часткову проблему і, відповідно, зробити які-небудь специфічні передбачення. Тільки теоретична модель може суперечити даним. Наприклад, загальна механіка суцільних середовищ неперевірна без подальших спеціальних передбачень. З іншого боку, механіка матеріальної точки - дуже спеціальна субтеорія (теоретична модель) останньої - є такою, що перевіряється. (Будучи спеціальною, вона не може породити загальної теорії, хоча деякі автори підручників і намагаються побудувати тіла з точок.) Коротше кажучи, перевірні тільки спеціальні теорії (теоретичні моделі) завдяки певним модельним об'єктам, що містяться в них.

Висновки. Нам слід пам'ятати, що ніяка теорія, що перевіряється, не підлягає повній перевірці. По-перше, тому, що неможливо перевірити кожне з нескінченного числа тверджень. По-друге, тому, що навіть теорема низького рівня, наприклад розв'язок рівняння поля, не може бути перевірений, бо для цього кожне значення “незалежних” змінних, серед яких є змінні об'єкта, що представляють дану систему, повинно бути взято до уваги. По-третє, тому що будь-яка множина даних сумісна з необмеженим числом альтернативних формул високого рівня. Навіть ця множина тверджень про закони може бути обґрунтована за допомогою досить різних аксіом. Так, будь-яка множина рівнянь руху може бути виведена з будь-якого числа альтернативних лагранжіанів. По-четверте, тому, що кожна плідна теорія має ряд тверджень, які

занадто далекі від досліду, такі, як формули положення і швидкості руху електрона в атомі. Кінець-кінцем теорії можуть бути підтверджені або спростовані частковою перевіркою, але не можуть бути доведені. Навіть спростування їх є складною (хоча і не неможливою) справою із-за ряду більш або менш невизначених компонент.

Ця невизначеність у встановленні цінності (значення істинності) наукових теорій надихає антитеоретичні упередження, які часто виражаються в спробах очистити теорії від їх трансемпіричних і неспостережуваних інгредієнтів. Але визначення “наукової теорії” говорить про те, що така програма нежиттєздатна. Будь-яка наукова теорія є гіпотетико-дедуктивною системою, тобто системою, що ґрунтується на гіпотезах або твердженнях, які йдуть далі спостережень, тобто торкаються цілого класу фактів, а не тільки тих, які нам трапляється спостерігати. Крім того, спостережуваність, або, швидше, вимірність, залежить від теорії. Без теорії ми не отримали б багатьох найцікавіших і точних даних. Прогрес науки полягає не у все більшому виключенні неспостережуваних, а в їх примноженні і науковому застосуванні. Доступна дослідженню неспостережувана так чи інакше пов'язана із спостережуваними ефектами і має принаймні таку ж цінність у розкритті значення старих і припущенні нових неспостережуваних, як і змінна, якою можна маніпулювати безпосереднім чином. Вона набагато цінніша, ніж спостережувані, не оброблені за допомогою теорії.

На закінчення перерахуємо проблеми, з якими стикається фізик-теоретик.

1. Є сукупність даних. Знайти формули, що охоплюють цю множину. Можна вільно винаходити неспостережувані поняття, оскільки вони доступні дослідженню.

2. Є безліч формул, що охоплюють дані. З'єднати їх в теорію. Фізик-теоретик вільний висувати гіпотези, що далеко йдуть, якщо вони в головному допускають зіставлення з емпіричними даними.

3. Є сукупність спеціальних теорій (теоретичних моделей). Знайти загальну теорію. Можна відкинути декілька спеціальних гіпотез й узагальнити інші.

4. Дана загальна теорія. З'єднати її із спеціальними припущеннями, щоб отримати теоретичну модель. При цьому необхідно враховувати реальні проблеми, що є в наявності.

5. Дана теоретична модель. Потрібно отримати безліч передбачень, здійснюючи зв'язок з реальними даними.

6. Робиться ряд передбачень. Потрібно прослідкувати їх виконання і зробити висновок про цінність передумов. Якщо це необхідно, можна змінити останні, відкинувши невизначені дані.

#### Список використаної літератури:

1. Bunge, Mario 1973, *Philosophy of physics*. Dordrecht, Holland and Boston, Massachusetts: D. Reidel Publishing Company, 248 p.
2. Gliozzi, Mario 2005, *Storia della fisica*, a cura di Alessandra e Ferdinando Gliozzi, Torino, Bollati Boringhieri, 1143 p.
3. Кордун, ГГ 1974, *Історія фізики*, Київ: Вища школа, 224 с.

#### Referances:

1. Bunge, Mario 1973, *Philosophy of physics*. Dordrecht, Holland and Boston, Massachusetts: D. Reidel Publishing Company, 248 p.
2. Gliozzi, Mario 2005, *Storia della fisica*, a cura di Alessandra e Ferdinando Gliozzi, Torino, Bollati Boringhieri, 1143 p.
3. Kordun, HH 1974, *Istoriya fiziki (History of Physics)*, Kyiv: Vyscha shkola, 224 s.