

DOI 10.33930/ed.2019.5007.45(7-9)-6

УДК 530:001.4-129:51

ФІЗИЧНА ТЕОРІЯ: КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ ТА ЇЇ МАТЕМАТИЧНА КОМПОНЕНТА*PHYSICAL THEORY: KEY TERMS AND ITS MATHEMATICAL COMPONENT***М. Є. Чумак
В. В. Єфименко**

Актуальність теми дослідження. Головним завданням як основ, так і філософії фізики є аналіз і перебудова фізичних теорій, слід було б почати з характеристики фізичної теорії в найзагальніших термінах. На перший погляд, це завдання не є особливо важким. Насамперед, у фізичній теорії немає нічого, окрім математичного формалізму, забезпеченого фізичною інтерпретацією і здатного до співіснування з іншими теоріями і що може бути перевірено експериментом. Це виглядає красиво і звучить досить просто, проте насправді є складною справою

Постановка проблеми. Що є припущеннями і теоремами цієї фізичної теорії, якщо вона береться за доведену, - це просто математичні теореми або щось ще? - Чи єдиним чином визначають формалізм фізичної теорії ключові формули, які ми хочемо систематизувати, або існують альтернативи, і якщо справа йде саме так, то чи еквівалентні вони в усіх відношеннях? Це лише деякі з безлічі питань, які ставить перед нами саме поняття фізичної теорії. Глибина і гострота кожного з них такі, що на багато з них не можна відповісти інакше, як фундаментальною статтею або навіть цілою книгою. Усе це підтверджує загальне правило: що є очевидним для практика науки, може бути проблематичним для її філософа. Оскільки ми не можемо займатися кожною можливою проблемою основ фізики і кожною філософською проблемою, пов'язаною з фізичними теоріями взагалі, ми виберемо для розгляду тільки деякі з них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рух від класичної фізики до сучасної відбувався внаслідок виникнення в класичній теорії низки парадоксів. Ця особливість характерна у відомій мірі для електромагнітної теорії Максвелла, теорія відносності Ейнштейна та ін.

Urgency of the research. The main task of both the foundations and the philosophy of physics is the analysis and restructuring of physical theories that should begin with the characterization of physical theory in the most general terms. At first glance, this task is not particularly difficult. First, there is nothing in physical theory but mathematical formalism, provided by physical interpretation and capable of coexistence with other theories and which can be verified by experiment. It looks beautiful and sounds simple, but it's actually a tricky thing to do.

Target setting. What are the assumptions and theorems of this physical theory, if it is taken for granted, are they just mathematical theorems or something else? - Do the key formulas that we want to systematize determine the formalism of physical theory in a single way, or are there alternatives, and if so, are they equivalent in all respects? These are just a few of the many questions posed by the very notion of physical theory. The depth and acuteness of each of them are such that many of them can not be answered otherwise than as a fundamental article or even a whole book. All this confirms the general rule: what is obvious to the practice of science can be problematic for its philosopher. Since we cannot deal with every possible problem of the fundamentals of physics and every philosophical problem connected with physical theories in general, we shall choose to consider only a few of them.

Actual scientific researches and issues analysis. The movement from classical physics to modern physics occurred as a result of the emergence of a number of paradoxes in classical theory. This feature is characteristic to some extent of the electromagnetic theory of Maxwell,

Постановка завдання. Спробуємо розглянути ключові терміни фізичної теорії і показати роль математичної компоненти в її створенні.

Виклад основного матеріалу. У статті розглядаються деякі сучасні проблеми методології основ фізики, зокрема: чи містять математичні формалізми інтерпретації самих себе або ж їх необхідно доповнювати інтерпретаційними передбаченнями, і якщо так, то як ці передбачення формулювати; що описують фізичні теорії: фізичні системи чи лабораторні операції, чи те чи інше, чи ні те, ні інше; як слід вводити основні поняття теорії, шляхом посилань на вимірвальні операції, чи за допомогою чітких визначень, або ж аксіоматично; як відносяться між собою фізичні теорії; як теорія співвідноситься з експериментом: безпосередньо чи за допомогою додаткових теорій

Висновки. У сучасних філософських, математичних і природничо-наукових мовах під теорією розуміється не просто випадкова думка, а гіпотетико-дедуктивна система, тобто безліч формул, що породжуються за допомогою логіки і математики групою початкових припущень. Через спільність деяких з цих початкових припущень, а також можливостей для перетворення, які надаються логікою і математикою, кожна теорія є деякою нескінченною множиною формул.

Роль математики в сучасній науці подвійна: формування понять і обчислення. Немає поняття миттєвої швидкості без поняття похідної, немає закону руху без диференціальних або операторних рівнянь. Математичні поняття - це не лише зручні допоміжні засоби, вони є самою суттю фізичних ідей. І просте пророцтво майбутнього стану системи або вірогідності звершення тієї або іншої події було б неможливим без дедуктивної сили внутрішньо присутньої формалізму теорії. Ця дедуктивна сила настільки вражаюча, що ми часто прагнемо прирівнювати теоретичну фізику обчисленням, забуваючи про роль математиків в самому формуванні фізичних понять, формул і теорій

Ключові слова: фізична теорія,

Einstein's theory of relativity, etc.

The research objective. We will try to consider the key terms of physical theory and show the role of the mathematical component in its creation.

The statement of basic materials. The article deals with some modern problems of the methodology and foundations of physics, in particular: whether mathematical formalisms contain interpretations of themselves or whether they need to be supplemented by interpretive predictions, and if so, how these predictions are formulated; what physical theories describe: physical systems or laboratory operations, either one or another, or neither of them; how the basic concepts of theory should be introduced, by reference to measuring operations, or by means of clear definitions, or axiomatically; how physical theories relate to each other; how theory relates to experiment: directly or with the help of additional theories.

Conclusions. In modern philosophical, mathematical and natural-scientific languages, theory is understood not just as a random thought, but as a hypothetical-deductive system, that is, a set of formulas generated by logic and mathematics by a group of initial assumptions. Because of the commonality of some of these initial assumptions, as well as the possibilities for transformation provided by logic and mathematics, each theory is some infinite set of formulas.

The role of mathematics in modern science is twofold: the formation of concepts and computation. There is no instantaneous velocity without derivative, no law of motion without differential or operator equations. Mathematical concepts are not only convenient aids, but they are also the very essence of physical ideas. And a simple prophecy of the future state of the system or the probability of this or that event would be impossible without the deductive power of the internally present formalism of the theory. This deductive force is so striking that we often tend to equate theoretical physics with computation, forgetting the role of mathematicians in the very formation of physical concepts, formulas, and theories.

Keywords: physical theory, basic

основні терміни фізичної теорії, | *terms of physical theory, mathematical*
математична компонента теорії | *component of the theory.*

Актуальність теми. Оскільки головним завданням як основ, так і філософії фізики є аналіз і перебудова фізичних теорій, слід було б почати з характеристики фізичної теорії в найзагальніших термінах. На перший погляд, це завдання не є особливо важким. Насамперед, у фізичній теорії немає нічого, окрім математичного формалізму, забезпеченого фізичною інтерпретацією і здатного до співіснування з іншими теоріями і що може бути перевірено експериментом. Це виглядає красиво і звучить досить просто, проте насправді є складною справою.

Постановка проблеми: Розглянемо наступні питання, відповіді на які за допомогою наведеного вище визначення виявляється дуже важко.

- Що є припущеннями і теоремами цієї фізичної теорії, якщо вона береться за доведену, - це просто математичні теореми або щось ще?

- Чи єдиним чином визначають формалізм фізичної теорії ключові формули, які ми хочемо систематизувати, або існують альтернативи, і якщо справа йде саме так, то чи еквівалентні вони в усіх відношеннях?

- Що мають на увазі, коли говорять про фізичну інтерпретацію, - наочну модель, механічну аналогію, посилення на лабораторні операції або на зовнішні об'єкти або щось ще?

- Що мають на увазі, коли говорять про співіснування теорій? Чи просто це їх логічна сумісність чи також часткове перекривання і, отже, взаємна допомога і перевірка?

- Як слід тлумачити вираз "експериментальна перевірка": як те, що відноситься до кожної формули, що міститься в теорії, і до усієї області дії кожної формули, як можливість її протиріччя з емпіричними даними, як можливість підтвердження її обчисленнями або якимось інакше?

Це лише деякі з безлічі питань, які ставить перед нами саме поняття фізичної теорії. Глибина і гострота кожного з них такі, що на багато з них не можна відповісти інакше, як фундаментальною статтею або навіть цілою книгою. Усе це підтверджує загальне правило: *що є очевидним для практика науки, може бути проблематичним для її філософа*. Оскільки ми не можемо займатися кожною можливою проблемою основ фізики і кожною філософською проблемою, пов'язаною з фізичними теоріями взагалі, ми виберемо для розгляду тільки деякі з них. Щоб передбачити нескінченні помилки в розумінні, почнемо з фіксації термінології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рух від класичної фізики до сучасної відбувався внаслідок виникнення в класичній теорії низки парадоксів. Ця особливість характерна у відомій мірі для електромагнітної теорії Максвелла, який об'єднав всі експериментальні дані з електрики і магнетизму, відкриті Фарадеєм, і виразив їх мовою математичних понять, побачив свого роду протиріччя між отриманими рівняннями. Щоб виправити положення, він додав без усякого експериментального обґрунтування в рівняння один вираз, і... народилася теорія електромагнетизму. Метод математичної гіпотези, застосований Максвеллом, виявився надзвичайно плідним і в подальшому.

Іншим прикладом може послугувати теорія відносності Ейнштейна. Вона народилася на стику класичної механіки і класичної електродинаміки у результаті розв'язання парадоксу між принципом відносності Галілея і принципом незалежності швидкості поширення світла у вакуумі від руху

випромінюючого джерела, розглянутих разом.

Квантова механіка з'явилась також у якійсь мірі в якості результату розв'язання "протириччя зустрічі", у даному випадку класичної корпускулярної механіки і класичної хвильової теорії.

Постановка завдання. Спробуємо розглянути ключові терміни фізичної теорії і показати роль математичної компоненти в її створенні.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних філософських, математичних і природничо-наукових мовах під теорією розуміється не просто випадкова думка, а гіпотетико-дедуктивна система, тобто безліч формул, що породжуються за допомогою логіки і математики групою початкових припущень. Через спільність деяких з цих початкових припущень, а також можливостей для перетворення, які надаються логікою і математикою, кожна теорія є деякою нескінченною множиною формул. Ця думка стосується усіх можливих ситуацій, що охоплюються універсальним законом, навіть таким простим, як закон Архімеда про важіль, і всіх виведень з будь-якої функції, що зустрічається в теорії. Вже на цій підставі, тобто тому, що кожна теорія нескінченно багата, не може бути і мови про її остаточне доведення. Тому краще, що ми можемо зробити, так це підтвердити теорію в можливо більшому числі випадків або відкинути її в деяких критичних пунктах. Проте від небезпеки спростування часто захищаються не лише тим, що відмовляються визнавати несприятливі відомості, але і також підбором деяких компонент теорії, особливо значень, що приписуються певним параметрам.

Деякі з первинних припущень фізичної теорії називаються *гіпотезами* (в епістологічному, а не логічному сенсі). Гіпотези, будь-то часкові або загальні, йдуть далі за простий опис спостережуваних ситуацій. Вони є припущеннями про реальну дійсність незалежно від того, чи спостережувані, хоча б частково, ці ситуації або ні. Так, є гіпотеза механіки про те, що тіла існують, інша про те, що маса зберігається, третя про те, що механічна напруга тіла може бути представлена матеріальним і обмеженим тензорним полем. Деякі з цих гіпотез, що входять явним або неявним чином у фізичну теорію, є чисто математичними за своєю природою в тому сенсі, що вони обумовлюють математичні характеристики розглядуваних понять, наприклад поняття симетрії тензора. Інші мають більш менш безпосередній фізичний зміст у тому сенсі, що торкаються властивостей реальних систем або систем, про які припускають, що вони реально існують.

Найбільш важливими серед фізичних гіпотез будь-якої теорії є, звичайно, закони. Твердження про закон має мету сказати що-небудь про об'єктивні структури або моделі існування і зміни фізичних систем. Воно не передає інформації про часткові ситуації і не говорить нам, який вигляд має світ для деякого спостерігача. Формулювання закону передбачається універсальним і не залежним від спостерігача. Рівняння руху, польові рівняння, рівняння композиції (constitutive equations) і рівняння станів кваліфікуються як закони лише в тій мірі, в якій вони належать до досить підтверджених теорій. Подальші фізичні гіпотези слугують *допоміжними гіпотезами*, такими, як початкові умови, граничні умови і обмеження ступенів вільності.

Передбачається, що всяка фізична гіпотеза може бути сформульована математично. Але одна тільки математична форма нічого не скаже нам про фізичне значення формули. Так, формула " $E_n = -\kappa/n^2$ " може щось означати. Про формулу, що не має фіксованого фізичного значення, можна сказати, що вона семантично невизначена, тобто не визначена відносно свого значення. Вона

стане семантично визначеною після її доповнення зовнішніми припущеннями (зазвичай інтуїтивно припустимими) відносно деяких символів, включених в неї. Так, у нашому початковому прикладі E_n могло стати значенням для енергії водневоподібного атома на n -ному рівні. В іншому контексті той же самий типографічний знак “зажадав” би (тобто йому було б приписано) іншого фізичного значення. Такі додаткові припущення, що змальовують контури фізичного значення символів, можуть бути названі *семантичними припущеннями*.

Дані, тобто твердження, отримані за допомогою спостереження або експерименту, складають ще один вид початкових припущень. Вони початкові в тому сенсі, що їх слід припускати в порядку, обумовленому деякими логічними висновками або теоремами. Звичайно, не передбачається, що дані треба вигадувати, тобто вони не є апріорними. Вони не можуть бути також отримані за допомогою одного тільки експерименту. Швидше, навпаки, дані, які можуть увійти до фізичної теорії, мають бути виражені в термінах теорії і отримані за допомогою інструментів, сконструйованих і розрахованих за допомогою ряду теорій. Одним словом, дані не даються, а знаходяться, і якщо вони відповідають фізичній теорії, то вони “просякнуті” теорією, а не є безпосереднім вираженням сприйняття або переживань спостерігача.

Четвертий вид передумов, що зустрічаються в теорії, є визначення. Наприклад, густина енергії електричного поля визначається так:

$$\omega = \frac{1}{8\pi} (\mathbf{E}\mathbf{D}) = \frac{\varepsilon E^2}{8\pi} = \frac{D^2}{8\pi\varepsilon}$$

або

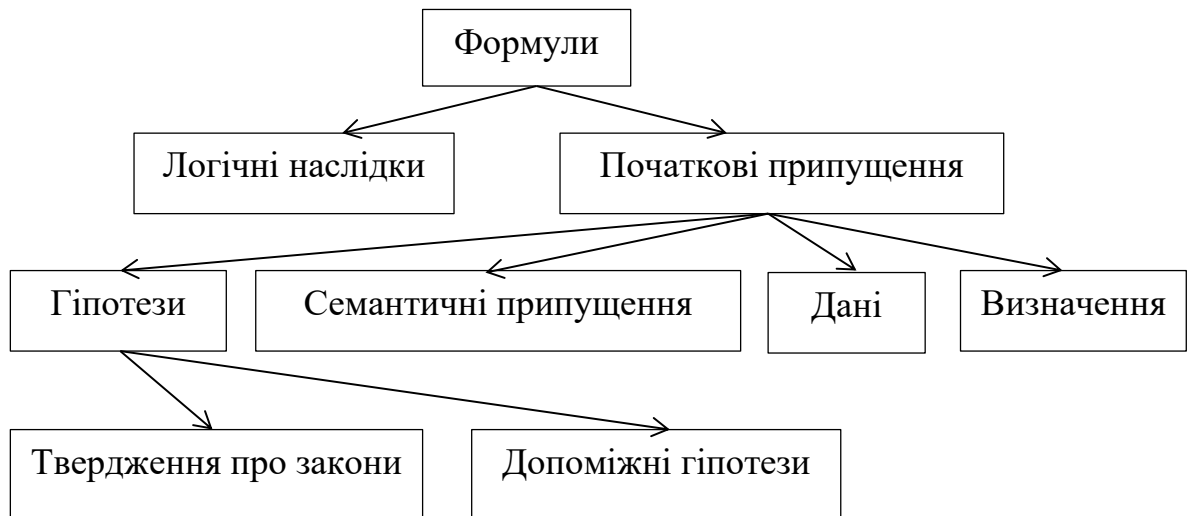
$$\omega = \frac{1}{4\pi} \int \mathbf{E}d\mathbf{D}.$$

Останній вираз є більш загальним, бо при його виведенні не використовувалось співвідношення $\mathbf{D} = \varepsilon\mathbf{E}$, яке передбачає, що вектор \mathbf{D} є однозначною функцією \mathbf{E} , а вид самої функції не грає ролі.

З формальної точки зору будь-яке визначення - це тільки лінгвістична конвенція, тобто правило вживання використовуваних символів; вона нічого не говорить нам про природу. Конвенціональна природа дефініцій не робить, проте, їх довільними. Питання про те, що може бути визначено в теорії, а що ні, дозволимо тільки у тому випадку, коли теорія перебудована аксіоматично. І вибір способу визначення понять (невизначуваних, основних, або первинних) повинен направлятися такими критеріями, як його спільність і плідність.

Відмітимо відмінність між визначеннями і гіпотезами, зокрема твердженнями про закони. Тоді як перші є поняттями, що описують відношення усередині теорії, останні співвідносять твердження з реальністю. Отже, якщо визначення можуть бути піддані тільки концептуальній критиці, то твердження про закони живуть відповідно до принципів експериментальної перевірки. Проте ця елементарна відмінність часто забувається. Наприклад, причина невдачі відомої спроби Маха перебудувати класичну механіку може бути пояснена, хоч би частково тим, що він не провів відмінність між гіпотезами (подібно законам руху Ньютона) і визначеннями [3].

Отже, ми маємо наступний вигляд формул, який повинен міститися в будь-якій фізичній теорії:



Будь-яка фізична формула, який би не був її статус, є *твердженням*, вираженим за допомогою пропозиції, що належить до деякої мови. (Пропозиції - суть лінгвістичні об'єкти. Твердження - концептуальні об'єкти. Одне і те ж твердження часто може бути виражене абсолютно різними пропозиціями.) Будь-яке твердження трактується в цілях логічної зручності, начебто воно було тільки істинне або помилкове. Що ж до його відповідності факту, то ми можемо і не знати, яким буде істинне значення твердження. Іноді ми даємо йому низьку оцінку, але не мінімальну, іноді - високу, але не максимальну. Твердження (чи пропозиції) підкоряються своєму власному пропозиційному численню або численню висловлювань і з більш загальної точки зору численню предикатів. Це числення систематизує правила дедуктивного виведення, такі, як $P \rightarrow (E_x)Px$, які можна прочитати наступним чином. Якщо цей індивід a володіє властивістю P , то звідси витікає, що існує принаймні один індивід, який виявляє цю ж властивість. Помітимо, що P є штучним, воно символізує будь-яку властивість, будь-то фізичне або нефізичне. Обчислення предикатів є розділом логіки - науки, яка передбачається кожною раціональною дисципліною і яку не може спростувати ніякий експеримент. Причина такої відчуженості полягає в тому, що логіка має справу не зі світом, а з твердженнями і їх перетвореннями абсолютно незалежно від їх змісту. Проте стало модним стверджувати, що, подібно до того як загальна теорія відносності робить необхідними зміни в геометрії, квантова фізика підкоряється своїй власній логіці. Це помилка. Усі квантові теорії використовують звичайну математику, в яку "вбудована" звичайна логіка. Одне з джерел цієї помилки полягає в буквальному розумінні формальної аналогії між пропозиціями і проєкційними операторами. Незалежно від того, якій алгебрі підкоряється сімейство операторів, твердження в теорії алгебри підкоряються звичайній логіці; оператор є поняття, а не твердження.

Як граматичні пропозиції можна розкласти на слова, так і твердження можна аналізувати до рівня понять. Поняття, що зустрічаються у фізиці, є або формальними, або фактуальними. *Формальні поняття* - всі ті, які запозичені з логіки і математики. *Фактуальні поняття* фізики специфічні для неї. Вони

фактуальні в тому сенсі, що торкаються реальних або передбачуваних фактів. Фактуальне поняття не обов'язково має бути емпіричним, тобто воно не обов'язково повинне мати відношення до спостережуваної, або експериментальної, ситуації. Більше того, щоб його кваліфікували як фізичне, поняття не повинне “обертатися навкруги спостерігача”, воно повинне торкатися можливої фізичної системи, ситуації або події.

Таблиця 1 ілюструє ряд понять, які були нами розглянуті.

Таблиця 1

<i>Теорія: електромагнітна теорія Максвелла для вільного простору.</i>
<i>Формальні поняття, включені приховано або явно у фізичну гіпотезу: різноманіття, що диференціюється, векторні і псевдовекторні функції на цьому різноманітті, частинні похідні, векторний добуток.</i>
<i>Основні (невизначувані) фізичні поняття, що включаються в гіпотезу : фізичний простір, час, E, B, c.</i>
<i>Визначувані фізичні поняття: $\nabla \times E$, $\partial B/\partial t$.</i>
<i>Операціональні визначення: немає.</i>
<i>Гіпотеза: закон Фарадея для електромагнітної індукції в його диференціальній версії $\nabla \times E = -(1/c)\partial B/\partial t$.</i>
<i>Допоміжне припущення: E і B зменшуються з відстанню принаймні як $1/r$.</i>
<i>Семантичне припущення: E - напруженість електричного поля, B - магнітна індукція, а c – швидкість поширення світла у вакуумі.</i>
<i>Дані: немає.</i>

Роль математики в сучасній науці подвійна: формування понять і обчислення. Немає поняття миттєвої швидкості без поняття похідної, немає закону руху без диференціальних або операторних рівнянь. Математичні поняття - це не лише зручні допоміжні засоби, вони є самою суттю фізичних ідей. І просте пророцтво майбутнього стану системи або вірогідності звернення тієї або іншої події було б неможливим без дедуктивної сили внутрішньо присутнього формалізму теорії. Ця дедуктивна сила настільки вражаюча, що ми часто прагнемо прирівнювати теоретичну фізику обчисленням, забуваючи про роль математиків в самому формуванні фізичних понять, формул і теорій.

Обчислювальні засоби, хоча вони і потрібні, не є фізичними теоріями. Вони навіть не є незалежні математичні формалізми. Будь-який метод розрахунку (наприклад, діагоналізація матриць) є частина математичної теорії, яка може (але не обов'язково) бути частиною формалізму фізичної теорії. Самі по собі математичні теорії нейтральні по відношенню до яких-небудь гіпотез про реальний світ. Розглянемо теорію канонічних перетворень, яку колись вважали ядром квантової механіки. Як у своїй класичній, так і в квантовій формі вона не є самостійною фізичною теорією, яка відображає деякий аспект світу. Це математичний метод для розв'язання рівнянь руху (Гамільтона, Шредінгера тощо) і для співвідношення один з одним розв'язків, що отримуються в різних подачах. В цілому завдання цієї теорії полягає у спрощенні формулювання проблеми, а отже, в спрощенні її розв'язання, зберігаючи в той же час рівняння руху і певні інваріанти. Ця теорія може знайти застосування безвідносно до фізичного змісту рівнянь.

Так само у ряді галузей може знайти застосування теорія збурень, для чого потрібна наявність певного рівняння, до якого можуть бути застосовані теорії

збурень. Тобто ці теорії не несуть ніякого фізичного значення, вони слугують корисними математичними засобами для досягнення мети, яка є приблизним розв'язанням певного рівняння, що можливо має якесь фізичне значення. Одному або двом членам розкладу в ряд, згідно теорії збурень, може бути приписано фізичний зміст, нескінченно багатьом членам ряду неможливо дати яку-небудь інтерпретацію. Значення такої нейтральності методів теорії збурень можна також побачити при аналізі поняття порядку деякого ефекту. *Запитання:* Що означає цей вираз, чи говорить він нам що-небудь відносно природи? *Відповідь:* Нічого - про природу і тільки дещо - про обчислювальну техніку. Так, ефект четвертого порядку пояснюють теоретичною моделлю, яка включає розклад в ряд в теорії збурень аж до четвертого степеня, тобто нехтуючи усіма вищими степенями (навіть якщо ряд розбіжний). Той же ефект може бути пояснений різними теоріями, які приписують йому інший порядок, або зовсім не приписують ніякого порядку, оскільки вдається знайти точний розв'язок. Це вірно для розкладу будь-якого ряду і кожного розкладу будь-якого вектора на його компоненти. Тоді як функція в цілому може мати фізичне значення, метод розкладання є чисто математичним і може бути змінений у будь-який час.

Фізичний зміст, якщо такий є, слід убачати в деяких поняттях і твердженнях теорії, а не в часткових *уявленнях* (representations) властивостей і законів. Наприклад, одна і та ж траєкторія в звичайному просторі може бути записана в будь-якій системі координат. Кожне перетворення координат призводить до нового уявлення, не змінюючи його фізичного змісту. Отже єдиними розумними обмеженнями, що накладаються на зміни уявлень, що викликаються перетвореннями координат, є наступні: (а) перетворені змінні повинні мати те ж саме значення, що і початкові (наприклад, координати положення в просторі, що підлягають перетворенням Лоренца, повинні залишатися координатами положення, а не тимчасовими координатами); (б) перетворені змінні повинні підкорятися тому ж самому твердженню про закон, що і початкові. Те, що має силу для систем координат, справедливе і для систем одиниць. Якщо уявлення фізичної властивості за допомогою деякої функції включає вибір одиниць, то вони є конвенціональними і, отже, зміна в одиницях не має ніякого фізичного значення.

Відсутність фізичного змісту у деяких компонент фізичної теорії набагато менш несподівана, чим можливість приписування фізичного значення іншим компонентам. Звичайно, для нас стає звичною ідея про те, що математика позбавлена фізичного змісту. Спочатку нас навчають тому, що безперервна функція може визначатися незалежно від часу, пізніше говорять, що геометрія є невизначеною, якщо на неї не накладають семантичних уявлень. Декого все ще треба учити, що арифметика і теорія ймовірності однаково нейтральні, і якщо потрібно знайти їм застосування, їх слід доповнити семантичними припущеннями. Але взагалі кажучи, ми повинні ясно зрозуміти, що математика є автономною дисципліною, не дивлячись на те, що багато математичних ідей були мотивовані науковим дослідженням в цілому. Проте, незважаючи на свою чистоту, математика застосовується у фізиці і "математика застосована до реальності". *Запитання:* Як це можливо? *Відповідь:* Тоді як кожен символ, що зустрічається у фізичній теорії, має математичне значення, деяким математичним символам приписується до того ж фізична інтерпретація. Так, вираз $d\mathbf{V}/dt$ може бути інтерпретований не лише як частинна похідна деякої функції x , але так само як миттєва швидкість зміни деякої фізичної властивості, що представляє x , такої, наприклад, як координата положення, концентрація,

енергія, і взагалі все що завгодно. Таким чином, фізичний зміст “сідлає знак”, що має математичне значення, і у такому вигляді “обоє - кінь (чи осел) і лицар - перетинають фізичну арену”. (Усе це, звичайно, може бути викладено і в неметафоричних термінах. У цьому і полягає завдання семантики науки.)

Фізичне поняття відрізняється від математичного поняття, що лежить в його основі, у двох відношеннях: (а) кожне фізичне поняття має відношення до деякої фізичної системи (систем) і (б) кожне фізичне поняття входить принаймні в один фізичний закон. Навпаки, чисто математичні поняття не мають ніяких позаматематичних референтів і не підкоряються ніяким позаматематичним законам. Візьмемо, наприклад, відношення “важче ніж, або таке ж важке”, стосовно H . З формальної точки зору $H \in$ не що інше, як деяке відношення порядку \geq на деякій безлічі невизначених елементів B , тобто $H \times H \subset B \times B$ і $H \in$ безлічі відношень порядку. H стає деяким фізичним поняттям, коли (а) B інтерпретується як безліч тіл, і (б) передбачається, що H пов'язане з B , тобто означає силу для будь якого з двох тіл.

Приклад з ваговою функцією навіть більш повчальний, оскільки існує нескінченна безліч шляхів представлення фізичної властивості ваги (чи будь-якої іншої фізичної властивості), а саме за допомогою системи одиниць.

Вага тіла $b \in B$ у гравітаційному полі $g \in G$ відносно (фізичної) системи відліку $k \in K$, що обчислюється в одиницях $u \in U_W$, представляє собою деяке ненегативне число ω , тобто $W(b, g, k, u) = \omega$. Вага в загальному випадку є сама функція W , а не яке-небудь з її значень. І ця функція відображає множину $B \times G \times K \times U_W$ усіх четвірок $\langle b, g, k, u \rangle$ з $b \in B$, $g \in G$, $k \in K$, $u \in U_W$ (множиною вагових одиниць) на множину R^+ або множину ненегативних чисел:

$$W: B \times G \times K \times U_W \rightarrow R^+.$$

Крім того (і тут набуває чинності закон), W таке, що $W(b, g, k, u) = m\dot{Y}$, де m - маса, а \dot{Y} - прискорення тіла b . (Наше передбачуване обмеження моделі тіла як нерелятивістської частинки несуттєве в цій ситуації.) Будь-яка інша величина має подібну структуру. Це деяка функція від топологічного добутку принаймні двох множників, одним з яких є безліч фізичних систем визначеного виду, а іншим - безліч одиниць.

Дуже часто одним з безлічі фізичних систем, що зустрічаються в області визначення якої-небудь величини, є безліч систем відліку деякого виду, відносно яких, наприклад, зберігають свою справедливість закони руху Ньютона. Такі системи іноді називають “спостерігачами” відповідно до, так би мовити, спостережувано-центристської філософії, а саме в рамках операціоналізму. Очевидно, проте, що “спостерігачі не всюдисущі і не безсловесні”, як системи відліку; в усякому разі, їх вивчення не стосується фізики. У результаті фізичне знання вливається у формалізм через основні фізичні величини, що представляють властивості фізичних систем і підкоряються фізичним законам.

Попередній аналіз дискваліфікує нумерологію як серйозний підхід до фізичної теорії. Нумерологія може бути визначена як жонглювання безрозмірними константами (чистими числами) з метою отримати значущі відношення. Оскільки нумерологія має справу з безрозмірними константами, їй доволі важко приписати який-небудь фізичний зміст. Оскільки ця гра чисел може бути введена в комп'ютер поза всяким зв'язком з якими-небудь твердженнями про закони, остільки нумерологія лише випадково може привести до фізичних законів. Тривіальність подібного висновку показує наступна теорема.

Теорема. Дано n невід'ємних чисел a_1, a_2, \dots, a_n ; існує нескінченно багато

кратних n не рівних нулю дійсних чисел (додатніх або від'ємних) b_1, b_2, \dots, b_n , таких, що $a_1^{b_1} \cdot a_2^{b_2} \dots a_{n-1}^{b_{n-1}} = a_n^{b_n}$.

(Доведення: спершу візьмемо логарифми і розглянемо випадок при $n = 2$. Потім застосуємо математичну індукцію.) Оскільки знайдені дані n -кратні показники степеня, то легко апроксимувати кожний із них простим дробом. Таким чином буде отримано "вражаюче" співвідношення. Процедура потім можна буде повторити з іншим вибором показників степенів, і так до нескінченності. Успіхи в знаходженні подібних числових комбінацій залежать від наших здібностей і ресурсів. При цьому не потрібні знання законів фізики. Звичайно, нумерологія як деякий випадковий і слабоевристичний засіб має певну цінність. Маніпуляції з числами можуть випадково привести до інтуїтивного осяяння і навіть проблиску правильної теорії. Але головне полягає в тому, що нумерологія не є теорією і не містить ніяких фізичних законів. Це слід особливо підкреслити тому, що кожного разу, коли скупчується деяка безліч необроблених даних (як у разі фізики елементарних частинок і сучасної космології), з'являється схильність до спроби жонглювати ними, а не до пошуків більш глибоких гіпотез, які відповідають цим даним [1].

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок. У сучасних філософських, математичних і природничо-наукових мовах під теорією розуміється не просто випадкова думка, а гіпотетико-дедуктивна система, тобто безліч формул, що породжуються за допомогою логіки і математики групою початкових припущень. Через спільність деяких з цих початкових припущень, а також можливостей для перетворення, які надаються логікою і математикою, кожна теорія є деякою нескінченною множиною формул.

Роль математики в сучасній науці подвійна: формування понять і обчислення. Немає поняття миттєвої швидкості без поняття похідної, немає закону руху без диференціальних або операторних рівнянь. Математичні поняття - це не лише зручні допоміжні засоби, вони є самою суттю фізичних ідей. І просте пророцтво майбутнього стану системи або вірогідності звернення тієї або іншої події було б неможливим без дедуктивної сили внутрішньо присутньої формалізму теорії. Ця дедуктивна сила настільки вражаюча, що ми часто прагнемо прирівнювати теоретичну фізику обчисленням, забуваючи про роль математиків в самому формуванні фізичних понять, формул і теорій.

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.