

# ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФІЛОСОФІЇ СПІЛКУВАННЯ

□ ПУГАЧ Б.Я. (Харьков, Україна)

## ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ И ИДЕАЛЫ НАУЧНОГО ОБЩЕНИЯ И ТОЧНОГО ЗНАНИЯ

### АНОТАЦІЯ

На основі закономірностей розвитку науки розкрита характеристика сучасного наукового пізнання - рух до повного, глибокого, істинного, достовірного, адекватного знання. Виявлена сутність філософського імперативу, основна вимога якого полягає в тому, що фундаментальні фізичні параметри мають бути вимірними. Встановлено, що концепти вимірне і невимірне, спостережуване і неспостережуване, теоретичне та експериментальне — найважливіші елементи даної вимоги. Визначена роль математики у формуванні точного знання; розкриті такі його чинники: підвищення точності знання та пізнавальних засобів дослідження, вираження результатів пізнання в термінах фізично вимірних величин. Обґрунтовані основні властивості точності знання і виявлені фактори його зростання.

**Ключові слова:** наукове пізнання, вимірне і невимірне, точність знання, фізично вимірні величини, філософські імперативи.

### АННОТАЦИЯ

На основе закономерностей развития науки раскрыта характеристика современного научного познания — движение к полному, глубокому, истинному, достоверному, адекватному знанию. Раскрыта сущность философского императива, основное требование которого состоит в том, что фундаментальные физические параметры должны быть измеримыми. Установлено, что концепты измеримое и неизмеримое, наблюдаемое и ненаблюдаемое, теоретическое и экспериментальное — важнейшие элементы данного требования. Обозначена роль математики у формирования точного знания; раскрыты такие его факторы: повышение точности знания и познавательных средств исследования, выражения результатов познания в терминах физически измеримых величин. Обоснованы основные свойства точности знания и обнаружены факторы его роста.

**Ключевые слова:** научное познание, измеримое и неизмеримое, точность знания, физически измеримые величины, философские императивы.

### SUMMARY

Based on the laws of scientific development characteristics of modern scientific knowledge have been identified — the trend for the full, deep, genuine, reliable and adequate knowledge. The essence of imperatives in philosophy has been found. Its main requirement is that the fundamental physical parameters shall be measurable. It was stated that the concepts of measurable and non-measurable, observable and non-observable, theoretical and experimental are the key elements of the above requirement. The role of mathematics in forming accurate knowledge was specified; the following factors of this knowledge were discovered: increase in the knowledge accuracy and cognitive means of research, expression of cognitive findings in physically measurable values. The main properties of knowledge accuracy were justified and the factors of its growth were found out.

**Keywords:** scientific knowledge, measurable and non-measurable, knowledge accuracy, physically measurable values, philosophical imperatives.

**Постановка проблеми.** Повышение степени точности знания, точности познавательных средств исследования; выражение результатов познания в систематизированной

форме, представленной в терминах физически измеримых величин — все это проблемы развития науки, имеющие непреходящую актуальность. А. Эйнштейн формулирует важное

положение, выражающее сущность познания: «Наука стремится к предельной точности и ясности понятий, их взаимосвязи и соответствия чувственным данным» [23, с. 246]. Это и закономерность, и, вместе с тем, обязательное требование ко всем наукам, независимо от того, что выступает предметом их изучения. Настоящее требование вытекает из положения, согласно которому сущность явлений материального мира, схватываемая законами природы, представляет утверждение о том, что некоторая величина является инвариантом относительно определенного класса явлений объективной действительности.

#### **Анализ исследований и публикаций.**

Проблема точности научного знания перманентно затрагивалась в работах величайших физиков — Джеймса К. Максвелла, Генриха Герца, Вернера Гейзенберга, Арнольда Зоммерфельда, Альберта Эйнштейна. Основные философско-методологические императивы этих ученых будут подробно рассмотрены и проанализированы. Разработке обозначенной проблемы посвящены труды отечественных исследователей — Мирослава Поповича [17] и автора данной статьи [19]. Однако появление новых научных гипотез и фактов неизбежно влечет за собой необходимость формирования нового, современного и более глубокого, взгляда на заявленную тему.

**Цель статьи** — описать модель концептуальных оснований, служащих критериями обоснованности, проверяемости и точности научного знания. Тема работы подразумевает выполнение ряда частных задач: проанализировать взгляды выдающихся ученых, сопоставить их, выстроить логическую цепочку эволюции и развития критериев научной обоснованности.

#### **Методы исследования:**

- историко-генетический и сравнительно-исторический, направленные на выявление новаторства и преемственности в формировании и развитии научных идей, концепций и парадигм;

- метод логической реконструкции, использованный для воссоздания путей и способов становления основных факторов поступательного развития научного знания;

- структурно-функциональный и системный методы, позволяющие вписать разрозненные факторы в целостную картину динамики развития науки.

Важную роль в процессе получения точного, объективного знания играют математические методы и структуры. Поэтому «наиболее общая математическая формулировка» законов Природы и ее параметров «одновременно является физически наиболее плодотворной, — утверждает немецкий физик-теоретик Арнольд Зоммерфельд и делает такой кардинальный вывод. — Математические формулы эффективно контролируют физические явления и могут даже привести к их открытию. Природа является лучшим математиком, чем мы. Она формирует свои законы с помощью не простейших, а наиболее эффективных математических методов» [9, с. 111–113].

Российский математик, академик РАН Л. Д. Фаддеев подчеркивает, что «по мере все более глубокого понимания структуры материи законы физики будут неизбежно формулироваться на языке математики» [21].

Основоположник новой науки Галилео Галилей выдвинул философский императив, согласно которому «фундаментальные физические параметры (величины) должны быть измеримыми, и надо стремиться делать измеримым то, что таковым не является». Ученый утверждает: тот, кто хочет решить вопросы естественных наук без помощи философии и математики, ставит неразрешимую задачу. Научное мышление способно получить новое знание, учитывая совокупность философских оснований, регулятивов и принцип математизации (важнейший императив научного знания) как форму проявления принципа единства знания. Идеал ученого, полагает выдающийся мыслитель Иоганн Вольфганг Гете, состоит в том, чтобы «понять в измеримом и исчислимом мире одновременно и мир неизмеримый» [но познаваемый. — Авт.]» [8, с. 290]. Таким образом, Гете завершает кристаллизацию данного философского принципа, играющего значительную роль в познании. Концепты измеримое и неизмеримое, наблюдаемое и ненаблюдаемое, точное и неточное, экспериментальное и теоретическое, фундаментальное и прикладное лежат в основе данного императива.

Математика является эффективным способом научных открытий и средством получения нового, точного знания. Философско-математические гипотезы, дискурсы

позволяють познати найбільш тонкі, складні транснаблюдаемі параметри, структури, стани, особливості природного світу (абсолютний нуль температури:  $T = -273,15^{\circ}\text{C}$  або  $0\text{ K}$ , фундаментальна довжина, фундаментальний квант дії:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с і др.).

Повищення ступеня точності знання, точності пізнавальних засобів дослідження; вираження результатів пізнання в систематизованій формі, представленій в термінах фізично вимірних величин. А. Ейнштейн формулює важливе положення, виражає сутність пізнання: «Наука прагне до граничної точності і ясності понять, їх взаємозв'язку і відповідності чуттєвим даним» [23, с. 246]. Це і закономірність, і, разом з тим, обов'язкове вимога до всіх наук, незалежно від того, що виступає предметом їх вивчення. Наразі вимога випливає з положення, згідно з яким сутність явищ матеріального світу, схвалювана законами природи, представляє твердження про те, що деяка величина є інваріантом відносно певного класу явищ об'єктивної дійсності.

Постійно зростає точність і прецизійність експериментально-технічних пристроїв і приладів (лазер, електронний мікроскоп, комп'ютер, суперколайдер і т. д.); збагачується і посилюється арсенал пізнавальних засобів науки, її філософських підстав. Так, створення теорії відносності, квантової механіки пов'язано з формуванням ряду евристичних регуляторів, прийомів, ідеалів, наприклад, принцип відповідності, принцип доповненості, єдності принципів спостережності і ненаблюдаемості і інших. Сукупність даних імперативів виступає як ідеальна модель виробки і синтезу наукового знання, орієнтує вченого на адекватне, цілісне пізнання явищ і процесів Природи. Ці ідеали представляють собою висновок філософського аналізу результатів наукового дослідження.

Точність знання має наступні властивості: повнота, глибина, всебічність обґрунтованості (теоретична, емпірична), евристичність, експериментальна підтверджуваність. Це є об'єктивне, істинне, надійне

знання про характеристики, параметри, властивості, процеси Природи, виражене в термінах фізично вимірних величин.

Таке знання має ще одне помітне властивість — інваріантність. Останнє передбачає незмінність, збереженість фундаментальних характеристик точного знання (наприклад, швидкість світла —  $c$ , гравітаційна постійна —  $G$ , квант дії —  $h$  і др.). Сюди ж можна віднести Періодическу таблицю законів Природи, відкриту гениєм Человечества, мислителем, теоретиком Робертом Оросом Ді Бартіні. Він приходив до поразливої теоретичної і філософської висновку:

«Вся система інваріантів охоплює як відомі, так і ще невідомі класи явищ природи» [20, с. 28].

Дане твердження Ді Бартіні має потужний евристичний потенціал (функцією). На основі «Таблиці Ді Бартіні» можна не тільки давати просторово-часові (геометричні) інтерпретації вже існуючих фізичних інваріантів, законів і теорій, але і знаходити, відкривати нові закономірності [18, с. 612].

Поступальне розвиток наукового знання характеризується такою важливою властивістю, загальною закономірністю, як єдність. Вона виражає внутрішню нерозривність, єдність процесу зміни принципів, гіпотез, теорій, методів наукового дослідження. Історія науки представляє перед нами як послідовний процес розвитку пізнання, як рух науки від неповного, неглибокого, відносного знання до адекватного, точного образу вивчених сторін, параметрів природного світу. Принцип відповідності виступає як специфічна форма наукового знання, як необхідна, суттєва риса історичного розвитку науки, як методологічний імператив пізнання.

Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879) — відомий англійський фізик-теоретик, створитель теорії електромагнітного поля. В ньому органічно поєднався гениальний теоретик, блискучий експериментатор, проникливий математик, талановитий філософ. Свою задачу визначив так: «атакувати електричність». Результатом дев'ятнадцятилітньої наполегливої, наполегливої, кро-

потливой творческой деятельности является эпохальный труд «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873) — первый в истории физики итог двухвекового развития учения об электрических и магнитных процессах. Современники назвали «Трактат» Библией электричества — это наиболее точное определение. Автор формулирует основные идеи и подчеркивает, что «с математической точки зрения наиболее важным является понятие измеримой величины. Поэтому я буду подходить к электрическим процессам с позиции их измеримости, описывая методы измерения» [14, с. 10]. Итак, на первый план выдвигается проблема математического описания, объяснения электромагнитных процессов и выражение полученной информации в терминах физически измеримых величин.

Максвелл уверен в том, что «изучение электромагнетизма во всей его полноте приобретает сейчас первостепенное значение, являясь существенным фактором прогресса науки» [14, с. 11]. Эффективное применение электромагнетизма в области телеграфии оказало положительное влияние на «чистую науку, придав точным электрическим измерениям» широкие масштабы, а высокая «степень точности знания должна привести к общему научному прогрессу всей инженерной профессии» [14, с. 11–12]. И в этом он совершенно прав.

Максвелл начинает смело решать основные вопросы своей темы — создание логически стройной картины электромагнитных процессов, построение теории электромагнетизма. Только такой подход может привести к адекватному, точному знанию, пониманию сложного, многослойного и целостного физического феномена.

Ученый обращается к анализу индуктивного тока, возникающего в витке (проводнике) при изменении магнитного поля. Формирование математической модели этого явления вызывает необходимость обращения к методу мысленного эксперимента. В процессе идеализирования происходит абстрагирование от формы реального объекта, величины (длины), поверхности. Такой виток постепенно стягивается и напоминает точку. Что удастся получить в результате идеализированного эксперимента? «В этом предельном случае, — подчеркивают А. Эйнштейн и Л. Инфельд, —

когда замкнутая кривая стягивается к точке, мы получаем законы, связывающие изменения магнитного и электрического полей в любой момент, в любой точке пространства. Это один из принципиальных шагов, ведущий к уравнениям Максвелла» [26, с. 447].

Далее исследователь выдвигает гениальную догадку о токе смещения. Это одна из наиболее ярких и блестящих гипотез в истории науки. Сообразно данной эвристической гипотезе Максвеллу удастся построить замкнутую систему дифференциальных уравнений для электрического и магнитного полей — единого электромагнитного поля.

Максвелл полагает: «Одной из главных особенностей данного трактата является утверждение о том, что истинный электрический ток (т. е. ток, от которого зависят электромагнитные процессы) не совпадает с током проводимости, и в оценке полного движения электричества должно быть учтено изменение во времени электрического смещения» [15, с. 210]. В современной научной литературе под током смещения понимается величина, пропорциональная скорости изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме. Название «ток» связано с тем, что ток смещения порождает магнитное поле по тому же закону, что и ток проводимости [1, с. 479].

К наиболее глубокой идеализации, гипотезе — электромагнитной волне можно прийти методом мысленного эксперимента в результате многоступенчатого абстрагирования. Такие волны выступают важной основой представления о реальности электромагнитного поля. Проводник с током и магнитные силовые линии как бы стягиваются в точку и существуют в «чистом виде». По сути это есть предельный переход к такому состоянию, который открывает перспективы для представления всего физического пространства в виде «арены» действий законов электромагнетизма, выраженных уравнениями Максвелла. Предельно широкое понятие электромагнетизма — электромагнитная волна — отражает сложнейший тип взаимодействий объективных свойств Природы. Электромагнитные волны существуют, свободно распространяются в пространстве, изменяются и поглощаются согласно законам, открытым Максвеллом. Теоретическое

открытие электромагнитной волны — это поразительный вывод, величайшее достижение в истории науки.

В «Трактате» ставится такая теоретическая проблема: «Показать, что свойства электромагнитной среды идентичны свойствам светонесущей среды» [15, с. 334]. Тогда равенство скорости распространения электромагнитного возбуждения и скорости света можно будет рассматривать как указание на наличие тесной связи между двумя явлениями. После преобразования уравнений следует вывод: в вакууме электромагнитное поле распространяется с той же скоростью, что и свет. Совпадение скорости распространения электромагнитных волн в вакууме со скоростью света приводит Максвелла к величайшему открытию: свет представляет собой электромагнитную волну. В свою очередь данный факт указывает на единство электромагнитных и оптических процессов. Ученый создает электромагнитную теорию света. Оптика становится разделом электродинамики (теории электромагнетизма).

Заметим, кстати, что автор уравнений ввел чисто формальным путем физически неочевидный коэффициент  $c$ . Применяя свои уравнения к решению конкретных задач, Максвелл теоретически вычислил значение  $c$ :  $c = 300$  тыс. километров в секунду. Из этого следует принципиальный физический вывод: свет является электромагнитной волной. Блестящее теоретическое предвидение знаменитого теоретика! Скорость распространения электромагнитных взаимодействий является строго определенной, конечной, физически измеримой величиной.

Один из величайших естествоиспытателей всех времен Дж. Максвелл раскрывает загадки, тайны Природы, уверенно держа в руках «факел математики». Максвелл создает математическую теорию электромагнитного поля, в которой раскрывается единство электричества и магнетизма. В ее основе лежит философская идея о всеобщем единстве природы и полной гармонии ее законов. Теория открывает в природе план и порядок более красноречиво и проникновенно, чем сама природа. На примере этой теории мы сталкиваемся с поразительным фактом: одно из величайших физических представлений о Природе

оказывается целиком математическим. Данная система логико-формализованных построений обладает высочайшим эвристическим потенциалом.

Талантливый немецкий физик Генрих Герц, роль которого в истории науки — экспериментально подтвердить полную справедливость представлений Максвелла, их неисчерпаемость и эвристическую функцию, писал: «Нельзя изучать эту удивительную теорию, не испытывая по времени такого чувства, будто математические формулы живут собственной жизнью, обладают собственным разумом — кажется, что эти формулы умнее нас, умнее даже самого автора, как будто они дают нам больше, чем в свое время было в них заложено» [6, с. 196].

Идеи Майкла Фарадея являются исходными для Максвелла при построении теории электромагнитного поля. Когда он называет Фарадея «математиком высокого порядка — одним из тех, у кого математики будущего могут черпать ценные и благотворные методы» [16, с. 70], то имеются в виду тонкие эксперименты Фарадея, его смелые гипотезы, которые значительно опережали математические теории А. Ампера, В. Вебера и других ученых. Математическое мышление Фарадея указывает путь осмысления сложнейшего феномена Природы — электромагнетизма.

Поэтому Максвелл вырабатывает новые идеалы, требования и нормы научного познания мира. Особое внимание обращается на создание, изобретение научных терминов для обсуждения электромагнитных процессов в свете принципиально новых идей. Формулируется кардинальное положение: «Прогресс точных наук зависит от открытия и развития соответствующих точных идей, с помощью которых мы можем мысленно воспроизводить факты, с одной стороны достаточно общие, чтобы охватить все частные случаи, а с другой стороны достаточно точные, чтобы гарантировать правильность тех дедукций, которые можно вывести из этих идей математическим путем» [16, с. 70].

На первый план выдвигается требование — точность работы с идеальной конструкцией. Оно включает следующие элементы. Первый. Продуцирование таких точных идей, терминов, которые способны мысленно воспроизвести наиболее общие факты. Второй.

Из точных идей, конструкций логико-математическим путем выводятся определенные следствия, допускающие принципиальную экспериментальную проверку, проведение измерительных приемов и процедур. Третий. Максимальное раскрытие эвристических возможностей идеализированных конструктов. Сюда же входит идеал логической простоты теоретических построений: из минимального числа оснований и допущений, не обращаясь к произвольным гипотезам *ad hoc*, объяснить возможно широкий круг явлений и процессов Природы, получить максимум научных результатов, выразить их в терминах физически измеримых величин.

Концепция поля Фарадея–Максвелла получает высокую оценку в науке XX столетия, в особенности в трудах А. Эйнштейна. «Теория электрического поля Фарадея и Максвелла, - пишет ученый, - представляет, очевидно, наиболее глубокое превращение, которое основание физики претерпело со времени Ньютона. Это был новый шаг в конструктивном развитии теории, который увеличил расстояние между фундаментом теории и тем, что мы можем узнать нашими пятью чувствами» [25, с. 212].

Наука всегда будет обращаться к эвристическим идеям и результатам великих преобразователей точного естествознания Майкла Фарадея и Джеймса Максвелла. Переворот, совершенный в физике этими замечательными исследователями, означает первый после Исаака Ньютона принципиальный шаг в развитии основ теоретической физики, сопряженный с изменением способа мышления в освоении физической реальности, а также с построением электродинамической научной Картины Природы.

С получением новых фактов и созданием новых теорий значение классической электродинамики не уменьшается, а уточняются и определяются лишь границы ее применимости. В этих пределах уравнения Максвелла и классическая электронная теория Лоренца сохраняют свою силу, являясь фундаментом большинства разделов электротехники, радиотехники, электроники (кроме квантовой). С помощью уравнений Максвелла решаются многие проблемы поведения плазмы в лабораторных условиях и космосе, а также

другие задачи теоретического и практического характера.

Теория Максвелла — триумф идей Фарадея. Максвелл, по выражению Роберта Милликена, «облек» представления Фарадея в аристократические одежды математики». Уравнения Максвелла — одно из величайших достижений науки и человеческой цивилизации. Они сочетают в себе такие черты: строгую логическую последовательность, полноту, четкость, ясность, высокую степень абстрактности, красоту, конструктивность. Уравнения с максимально возможной точностью и достоверностью отражают сущность природных процессов, они обладают свойствами, позволяющими прогнозировать, предсказывать новые, неизвестные до сих пор физические процессы, параметры. Эвристический потенциал уравнений Максвелла является весьма высоким, на их основе проводятся объяснения новейших открытий в различных областях физического познания — от сверхпроводимости до астрофизики.

И сам создатель теории, и другие исследователи раскрыли глубокий внутренний смысл, физическое содержание, философскую ориентацию знаменитых уравнений Максвелла.

Замечательный английский физик и математик Оливер Хевисайд увидел «Трактат» Максвелла вскоре после его появления. Свое впечатление о книге выразил так: «Это нечто великое, и еще более великое, и величайшее». Труд определил всю дальнейшую жизнь Хевисайда. Он посвящает свои работы систематическому развитию теории Максвелла, подчеркивает симметрию электрического и магнитного полей, определяет поля, создаваемые различными конфигурациями движущихся зарядов, вводит понятие потока электромагнитной энергии. Отметим здесь, что тот вывод закона сохранения энергии для электромагнитного поля, который теперь приводится во всех учебниках по теории электромагнитного поля, — это доказательство Хевисайда. Он рассмотрел прохождение переменного электрического тока по проводнику. Открыл явление скин-эффекта (англ. *skin* — оболочка, поверхностный эффект), неоднородное распределение такого тока и связанного с ним электромагнитного поля по сечению проводника. Скин-эффект широко

распространен, и его теория (без упоминания имени Хевисайда) имеется во всех учебниках.

Хевисайд вводит в уравнения Максвелла магнитные заряды и магнитные токи на равных правах с электрическими зарядами и электрическими токами. Такая система уравнений получает название дуально симметричной. Экспериментальным путем установлено, что электрические токи и заряды существуют в Природе, а магнитные токи и заряды до сих пор не обнаружены. Возможно, что они и не существуют. Тем не менее, симметричные уравнения Хевисайда оказываются удобными в технических расчетах. Можно, например, некоторое сложное распределение токов заменить на простое расположение вспомогательных магнитных зарядов.

Исследования Хевисайда базируются на математике, которую он изучил самостоятельно. Он создает новый математический метод — операционное исчисление как эффективный способ решения линейных дифференциальных уравнений; применяет его к решению задач теории распространения электрических колебаний в проводниках (1892).

Еще один вклад исследователя в математику — создание векторного исчисления. Совместно с американским математиком Дж. У. Гиббсом векторный анализ становится независимой ветвью математики. Так, например, путем дифференцирования системы векторов, описывающей магнитное поле, можно определить вектор электрического потока в любой заданной точке. Хевисайд и Герц придали уравнениям Максвелла современную форму.

Хотелось бы обратить внимание еще на одну сторону жизни ученого. Речь идет о судьбе открытий Хевисайда. Многие важнейшие научные результаты намного опередили свое время. Поэтому Хевисайду возражали ученые, недовольные тем, что он получал свои результаты «не так, как надо», применял новые, необычные методы, которые сам же и разрабатывал; методы очень эффективные, сейчас общепринятые в науке. Но тогда многим казалось, что они «ни на чем не основанные», «нестрогие», «неверные».

Приведем такой пример. В течение ряда лет в научно-техническом журнале «Electrician» («Электрик») из номера в номер

публиковались фундаментальные статьи Хевисайда, посвященные развитию теории электромагнитного поля. Журнал был рассчитан на широкий круг читателей, не имеющих высокой научной подготовки. Для большинства из них труды Хевисайда были непонятны. Но наука благодарна тем редакторам журнала, которые хорошо понимали важность развития классической электродинамики.

Другой редактор «Electrician» в течение нескольких лет отказывался от публикации новых материалов по электромагнетизму. Даже Генрих Герц, первооткрыватель электромагнитных волн, неоднократно писал Хевисайду о том, что «с трудом можно понять Ваши работы. Я боюсь, что Вы до некоторой степени гордитесь тем, что непонятны для других. Вы, наверное, не знаете, до какой степени трудно понять Ваши тексты».

По поводу неоднократного отклонения своих статей Хевисайд как-то заметил: «Опыт научил меня, что если статья отвергнута журналом по неубедительным и общепринятым причинам, то это означает, что статья непривычно оригинальна и хороша. Факт!»

Всем, кто не обращал внимания на его мучительные, длительные, упорные теоретические изыскания, кому трудно читать его труды по своей неподготовленности, кто не понимал содержания, принципиальную новизну, кто отказывал их выходу в свет, Оливер Хевисайд произнес глубоко ироническую, саркастическую фразу:

«Господа! В статьях вы нашли тот недостаток, что их трудно читать, а тем более и понимать. Но запомните хорошо (Nota bene — лат.)! Создаются, пишутся они значительно труднее и тяжелее».

Теория Максвелла предсказывает важный эффект: существование в свободном пространстве излучения — электромагнитных волн и их распространение со скоростью света. Объективное существование таких волн должно найти свое подтверждение в физическом эксперименте. Теоретическая и экспериментальная деятельность выдающегося физика Генриха Герца посвящена дальнейшему совершенствованию математического аппарата классической электродинамики и ее эмпирической верифицируемости — открытию электромагнитных волн.

Только после тщательного изучения теоретических и экспериментальных результатов в области высокочастотных колебаний, а также способов их образования, Герц обнаруживает возможность получения электрических колебаний высокой частоты, то есть таких, которые, вырываясь из «темницы», будут свободно распространяться в виде электромагнитной волны. Речь идет о том, что при помощи открытого колебательного контура можно создать измеримые, то есть наблюдаемые электромагнитные волны.

Исследователь приходит к оригинальному выводу о том, что создание и регистрация волн — это два аспекта одной и той же проблемы. В работе «О весьма быстрых электрических колебаниях» (1887) [4] впервые ставится вопрос о разработке принципиально нового экспериментального устройства, способного порождать и регистрировать электромагнитные волны. Такой прибор должен включать в себя как источник излучения, так и их приемник. Конструирование прибора — трудная практическая задача. Выдвигается гипотеза о возможности создания весьма интенсивных колебаний, а «действие их будет доступно наблюдению на расстоянии. Дальнейшие опыты подтвердили мое предположение» [4, с. 131].

Ученый, сочетая редкий дар конструктора и мастерство экспериментатора, разрабатывает необходимые экспериментальные средства и впервые воспроизводит процесс рождения и фиксации электромагнитных колебаний.

В процессе синтезирующей экспериментально-теоретической деятельности открываются неизведанные области физической действительности — микропроцессы естественного мира. Результаты исследований излагаются в фундаментальном труде «Об электродинамических волнах в воздухе и их отражении» (1888). «В опытах, — утверждает Г. Герц, — волнообразное распространение индукции в воздухе делается почти непосредственно осязаемым [т. е. наблюдаемым — Авт.]. Кроме того, эти новые явления допускают возможность непосредственного измерения длины волны в воздухе» [7, с. 156].

Впервые электромагнитные волны, существовавшие всегда и распространяющиеся в свободном пространстве со ско-

ростью света, становятся экспериментально наблюдаемым, очень точно измеримым явлением Природы. Электромагнитная волна становится как бы «видимой», «зримой», поскольку «прощупывается» резонатором, детектором. Движение волны, ее форму можно представить в геометрических образах. Выявляются существенные свойства волны: длина, период колебания, скорость распространения в среде. «Доказана конечная скорость распространения, и длина волны сделалась измеримой», — заключает Г. Герц [6, с. 200].

Теория Максвелла как эвристический источник и метод организации и проведения экспериментов дает возможность повысить надежность опытных результатов, исследовать «чистую», интенсивную, свободную электромагнитную волну. Подводится итог: «Мне удалось получить отчетливые лучи электрической силы и произвести при их помощи все элементарные опыты, которые производятся со световыми и тепловыми лучами» [5, с. 183].

На основе выявления существенных свойств электромагнетизма и света, установления многочисленных опытных фактов Г. Герц приходит к фундаментальному утверждению: «Исследованное нами явление мы назвали лучами электрической силы [т. е. электромагнитными волнами — Авт.]. Их можно назвать световыми лучами с очень большой длиной волны. Описанные опыты доказывают идентичность света, тепловых лучей и электродинамического волнового движения» [5, с. 190].

Таким образом, ученый открывает способ создания и регистрации электромагнитных волн, изучает их свойства и закономерности, доказывает тождественность электромагнитных, тепловых и световых колебаний.

В обзоре «Исследования по распространению электрической силы» (1892) Г. Герц обращается к целому ряду философских вопросов. Он, в частности, пишет: «Совокупностью опытов впервые дано доказательство распространения с конечной скоростью силы, которая считалась действующей на расстоянии мгновенно. Этот факт представляет философское и важнейшее достижение опытов. В нем содержится познание того, что электрические



силы [электромагнитные волны — Авт.] могут отделяться от весомых тел и существовать самостоятельно как состояния или изменения пространства. опыты доказывают, что этот особый тип распространения электрической силы обнаруживает полное совпадение с распространением светового движения» [3, с. 124].

Таким образом, в процессе интерпретации экспериментальных результатов затрагиваются философские и научные проблемы.

Во-первых. Положение о дальности, имевшее широкое распространение в истории развития физических представлений, окончательно отбрасывается простыми, доказательными экспериментами М. Фарадея, а затем и Г. Герца.

Во-вторых. Экспериментальное открытие и изучение совершенно нового класса явлений — электромагнитных волн — эти личная заслуга Г. Герца в области физического познания. Идея, высказанная Фарадеем, получает строгое, точное обоснование в теории Максвелла, а затем находит экспериментальное подтверждение в исследованиях Герца. Электромагнитная волна, как идеализированный конструкт максвелловской электродинамики оказывается параметром Природы и проявляется в физическом эксперименте.

В-третьих. Экспериментальным путем обосновывается конечная скорость распространения электромагнитных колебаний. опыты Герца дают строгие количественные результаты, тогда как Фарадей, выявляя электромагнитную природу света, устанавливает качественные стороны явлений. Заметим, что Максвелл теоретически вычисляет скорость света.

В-четвертых. Герц завершает опытные исследования в области световых, электромагнитных волн, и приходит к выводу об их идентичности, практически реализуя единство сил (взаимодействий) Природы.

Итак, идея об электромагнитной волне как сложном природном феномене в результате творческой деятельности Герца не является уже какой-то гипотезой (идеализированным конструктом), а становится экспериментально подтвержденным научным фактом для каждого из нас. Открытие и философское обоснование электромагнитной волны — это одна из

наиболее блестящих и ярких страниц в истории научного познания. Открытый Фарадеем и Максвеллом объект теоретического анализа — электромагнитные волны — в работах Герца обретает новое содержание: гипотетическое, ненаблюдаемое свойство становится физической реальностью.

Замечательные экспериментальные и теоретические достижения в области электромагнетизма открывают эпоху их практического применения и использования.

Новым интересным теоретическим вопросом, исследованным Дж. К. Максвеллом в «Трактате об электричестве и магнетизме», является размышление автора о давлении света. Рассматривая процесс распространения электромагнитных волн, ученый показывает, что волны должны оказывать на вещество давление, определяемое величиной потока электромагнитной энергии, которая приходится на единицу объема. Обращается внимание на возможность проверки этого теоретического вывода в эксперименте. Максвелл подчеркивает: «Плоское тело, выставленное на солнечный свет, будет испытывать это давление только на освещенной стороне и, следовательно, будет отталкиваться с той стороны, откуда падает свет. По-видимому, гораздо большую энергию излучения можно получить с помощью сконцентрированных лучей электрической лампы. Такие лучи, падающие на тонкий металлический диск, искусственно подведенный в вакууме, смогут произвести механический эффект, поддающийся наблюдению» [15, с. 342].

Выдающийся русский физик Петр Николаевич Лебедев выдвигает проблему: «измерить величину давления света». Из теории Максвелла вытекает вывод о том, что лучи света, падая отвесно на плоскую поверхность в один квадратный метр, «должны производить давление, которое в случае черной поверхности равняется 0,4, а в случаях зеркала — 0,8 мг» [13, с. 188]. Экспериментальная проверка этого теоретического положения представляет собой сложную, трудноразрешимую задачу.

Обладая талантом конструктора, Лебедев изобретает систему сложных экспериментальных приборов и устройств и получает первые измерения величины светового давления на твердые тела (1899). Его результаты соответствуют предсказаниям те-

ории Максвелла. Опытные данные получают высочайшую оценку ученых всего мира и являются блестящим экспериментальным подтверждением теоретических построений Максвелла. Известный английский физик В. Томсон (лорд Кельвин) в беседе с русским физиком К. А. Тимирязевым сказал следующую знаменательную фразу: «Вы, может быть, знаете, что я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления. И вот ваш Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами» [11, с. 144].

Ученый предпринимает сложнейшие и более тонкие экспериментальные исследования светового давления на газы, занявшие 10 лет. Чтобы решить эту почти фантастическую задачу (световое давление в десятки раз меньше его давления на твердые тела), необходимо обладать глубоким теоретическим знанием из различных областей физики, химии, техники; свято верить в успех своего дела; стремиться понять устройство Природы; проникнуть в тайны солнечного излучения и обнаружить его взаимосвязь с другими характеристиками и параметрами мира. Полученные измерения (1910) доказывают существование светового давления на газы, и удается установить, что «величины этого давления прямо пропорциональны энергии пучка света и коэффициенту поглощения газов» [12, с. 321]. Эта работа представляет собой вершину экспериментального искусства. Всестороннее исследование свойств светового давления на твердые тела и газы — научный подвиг Лебедева. Его ювелирные по сложности, изящные эксперименты по «взвешиванию света» устремлены в будущее физической науки. Это важнейший экспериментальный родник, определивший развитие теории относительности, квантовой теории и современной астрофизики.

Грандиозный замысел, проект, предложенный величайшим гением человечества Джеймсом К. Максвеллом, нашел свое воплощение, а также дальнейшее развитие и совершенствование в трудах Г. Герца, О. Хевисайда, П. Н. Лебедева, А. С. Попова, Г. Маркони и других ученых. Он успешно осуществляется во многих сферах современного научного познания. Благодаря открытиям этих ученых теория Максвелла более ста сорока лет «остаётся основной физической теорией, поколебать

которую не смогла даже теория относительности» [10, с. 187].

Обращаясь к истории науки, процессу формирования теоретического познания, в том числе и классической электродинамики Максвелла, Эйнштейн сформулировал замечательный философский вывод. Логическая основа теории «все больше и больше удаляется от данных опыта, и мысленный путь от основ к вытекающим из них следствиям становится все более трудным и длинным» [25, с. 226]. Далее уточняется: «Сопоставление выводов теории с опытом становится все сложнее и затруднительнее», — продолжает ученый, так как ее основные понятия все дальше отстоят «от непосредственно наблюдаемого» [22, с. 268]. Что должен делать ученый в таких ситуациях? Задача исследователя заключается в том, чтобы «выведать у Природы четко формулируемые общие принципы [фундаментальные законы природы — Авт.], отражающие определенные общие черты огромного множества экспериментально установленных фактов» [24, с. 14–15].

Положения мыслителя можно рассматривать в качестве теоретико-познавательного императива. Во-первых, в ясной и четкой форме удастся представить основные направления и тенденции научного познания, показать его сложность и противоречивость. Во-вторых, получает развитие мысль о динамике научного познания. В-третьих, принципиальным и аргументированным служит утверждение о том, что исследователь не может ориентироваться только на «непосредственно наблюдаемое». Он должен смело вводить в науку идеализированные конструкты, философско-математические гипотезы, способные познать принципиально ненаблюдаемые величины, параметры, характеристики Природы.

Философская дискуссия между А. Эйнштейном и В. Гейзенбергом по вопросу о роли наблюдаемых и принципиально ненаблюдаемых величин явилась весьма продуктивной и результативной. В процессе диалога Эйнштейн выдвигает глубокое по содержанию методологическое требование современной науки: «Теория должна определить, что поддается наблюдению» [2, с. 192]. Это требование выступает в качестве ключа, который открывает тайную дверь Вселенной

и ведет к верному пониманию сложного процесса познания и глубинных тонких философских проблем движения науки. Причем простота законов Природы носит объективный характер, а сама Природа подсказывает математические структуры, схемы поразительной красоты и простоты. Следствием простоты математического аппарата является то, что он дает возможность проектировать множество экспериментов, а их результаты теория предсказывает с высокой степенью точности. Если такие эксперименты будут осуществлены и подтвердят теорию, значит она в этой предметной области правильно описывает Природу, является истинной и достоверной.

По существу, речь идет о рождении фундаментального конструктивного принципа развития науки. Он наполнен философской точностью, целостностью, завершенностью, полнотой, осмысленностью знания, его динамики.

Данный императив является итогом истории развития науки, характеризуется прогностической, эвристической функцией.

Леонардо да Винчи, Иоганн Кеплер, Галилео Галилей, Майкл Фарадей, Джеймс Максвелл и многие другие ученые учитывали это идеал, получая блестящие результаты. Так, Леонардо формирует исполтинскую парадигму науки, Кеплер создает небесную механику, открывает фундаментальные законы движения планет, Галилей является основателем точного естествознания, Фарадей и Максвелл — создатели теории электромагнитного поля. Их результаты определялись многими факторами, в том числе системной организацией эвристических регулятивов, включая единство принципов наблюдаемости и ненаблюдаемости. Научно-философское мышление А. Эйнштейна оказалось подготовленным для выдвижения и точной формулировки принципиально нового идеала современной науки: «Теория должна определить, что поддается наблюдению».

Выдающийся украинский мыслитель Мирослав Владимирович Попович дополняет тезис Альберта Эйнштейна другим теоретико-познавательным идеалом: «Лишь теория позволяет понять, что показал эксперимент» [17, с. 25].

Таким образом, целостное, философское осмысление наблюдаемого становится

адекватным при выполнении этих двух норм познания:

1. только теория решает, что именно можно наблюдать;

2. лишь теория позволяет правильно понять наблюдаемое через осуществление организованных экспериментов и измерений.

На основе динамики науки и закономерностей ее развития, в особенности истории формирования методов, принципов, идеалов, а также становления классической теории электромагнитного поля приходим к следующим заключениям.

Гениальный мыслитель и математик Давид Гильберт обосновал исходное, ключевое программное требование, императив научного познания: «Математика — основа всего точного естествознания» и продолжим: «точного знания о Природе».

Выводы. Итак, выделим ряд факторов, определяющих поступательный рост точного, полного, глубокого, достоверного, истинного научного знания:

- математический аппарат: методы, структуры, символы;
- развитие и кристаллизация прогностической, эвристической функции научной теории, научного знания;
- предсказательный потенциал логических следствий, вытекающих из теории;
- уровень абстрактности теоретической системы;
- точность, ясность идеализированных конструктов, понятий, утверждений;
- стремление познать свойства, характеристики, параметры, состояния, тайны Вселенной с факелом «математики в руках»;
- выдвижение смелых, кардинальных, «сумасшедших» (термин Н. Бора) идей и гипотез (например, блестящая гипотеза Дж. К. Максвелла о «токе смещения»);
- фундаментальные принципы и законы Природы;
- формирование новых научных методов и принципов познания;
- умение «выведать у Природы четко формулируемые общие принципы, отражающие определенные черты огромного множества экспериментально установленных фактов» (А. Эйнштейн). Примеры: принцип постоянства скорости света, фундаментальный квант действия. Они играют эвристическую

роль в современном научном познании;

- святая вера исследователя в рациональную, «предустановленную гармонию» Мира;

- пронизательность, парадоксальность, масштабность мышления ученого, его профессионализм, искусство, мастерство;

- уровень изобретения и построения все более сложных, современных, прецизионных, новейших, точных, уникальных научных приборов, экспериментально-технических устройств и комплексов (электронный микроскоп, суперколлайдер);

- расширение пределов познавательных средств исследования и измерения свойств, характеристик, параметров Вселенной;

- содержание фундаментального, элитного, эталонного образования (академик РАН В. А. Садовничий, род. на Слобожанщине);

- фундаментальные исследования в области науки и техники;

- подготовка профессиональных кадров для исследовательской работы в сфере математики, естествознания, техники и технологий;

- выбор стратегии исследования;
- изменение содержания и создание целостной научной картины мира;

- научная революция как социальный феномен ведет к преобразованию, перестройке теоретических представлений, принципов, идеалов, методов исследования. Например, исполинская парадигма науки Леонардо и его новый экспериментальный метод; Коперник — автор гелиоцентрической системы строения Мира; Фарадей – Максвелл — создатели фундаментальной теории электромагнитного поля, классической электродинамики; Эйнштейн и Планк формируют теорию относительности и квантовую теорию — вершину современного представления о Вселенной и познание ее процессов и параметров от минус бесконечности ( ) до плюс бесконечности ( );

- философские основания, требования, идеалы и нормы (В.С. Степин — академик РАН);

- системная организация философско-научных императивов: единство наблюдаемости и ненаблюдаемости, симметрия, простота, соответствие, дополнительность, инвариантность, красота и другие;

- принцип историзма. Выражая динамику научного познания, данный императив ориентирует исследователя на

целенаправленный, последовательный творческий поиск и открытие универсальных закономерностей Природы;

- выражение полученной информации о Мире в терминах физически измеримых величин;

- внутренние противоречия в научном познании как источник нового знания. Они проявляются между такими сторонами:

- исторической ограниченностью знания и неограниченностью творческих возможностей науки,

- истиной и заблуждением,

- эмпирическим (экспериментальным) и теоретическим,

- новыми фундаментальными фактами и существующей теорией,

- конкурирующими гипотезами, теориями.

Все эти факторы тесно взаимосвязаны между собой, обуславливают друг друга, представляют определенную целостность и единство [19].

Знание актуальной и масштабной проблемы точности научного знания призвано способствовать повышению культуры мышления, философской культуры, творческого потенциала специалистов высшей школы — исследователей, аспирантов, студентов.

Сейчас можно смело говорить о триумфальном проникновении математических идей и методов, структур и символов во все отрасли научного познания. Затрагивая основы научного мышления, математика продолжает завоевывать передовые позиции, особенно в связи с развитием компьютерной техники, расширением возможностей математического моделирования, совершенствованием информационных технологий. Без математики невозможно рациональное планирование и управление; она помогает углублять наши познания в социологии, истории, психологии и искусстве. Без математики немислимы ни дальнейший расцвет медицины, ни охрана среды обитания человека, ни решение глобальных экологических проблем, ни предотвращение пандемических катастроф, ни революционные перемены в области нанонаук, энергетики, ни исследование космоса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь. — М. : Сов. энциклопедия, 1991. — Т. 2. — 768 с.
2. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг. — М.: Наука, 1989. — 400 с.
3. Герц Г. Исследования по распространению электрической силы / Г. Герц // Радио. Выпуск 1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 112–130.
4. Герц Г. О весьма быстрых электрических колебаниях / Г. Герц // Радио. Выпуск 1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 131–148.
5. Герц Г. О лучах электрической силы / Г. Герц // Радио. Выпуск 1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 183–192.
6. Герц Г. О соотношениях между светом и электричеством / Г. Герц // Радио. Выпуск 1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 193–204.
7. Герц Г. Об электродинамических волнах в воздухе и их отражении / Г. Герц // Радио. Выпуск 1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 156–165.
8. Гете И.В. Избранные философские произведения / И.В. Гете. — М. : Наука, 1964. — 519 с.
9. Зоммерфельд А. Пути познания в физике / А. Зоммерфельд. — М. : Наука, 1973. — 319 с.
10. Карцев В. П. Приключения великих уравнений / В.П. Карцев. — М. : Знание, 1970. — 320 с.
11. Лазарев П.П. Очерки истории русской науки / П.П. Лазарев. — М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1950. — 251 с.
12. Лебедев П.Н. Опытное исследование давления света на газы / П.Н. Лебедев // Лебедев П.Н. Собрание сочинений. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — С. 299–321.
13. Лебедев П.Н. Опытное исследование светового давления / П.Н. Лебедев // Собрание сочинений. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — С. 187–210.
14. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме : в 2 т. / Дж. К. Максвелл. — М. : Наука, 1989. — Т. 1. — 416 с.
15. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме : в 2 т. / Дж. К. Максвелл. — М.: Наука, 1989. — Т. 2. — 437 с.
16. Максвелл Дж.К. Фарадей // Максвелл Дж.К. Статьи и речи. — М. : Наука, 1968. — 424 с.
17. Попович М.В. Связь понимания и доказательства как проблема философии науки / М.В. Попович // Доказательство и понимание. — К. : Наукова думка, 1986.
18. Пугач Б.Я. Динамика научного познания : в 2 т. / Пугач Б.Я., Пугач Н.Б. — Харьков : Глобус, 2013. — Т. 1. — 640 с.
19. Пугач Б.Я. Фундаментальные проблемы истории и философии науки / Б.Я. Пугач. — Харьков : Факт, 2004. — 536 с.
20. Роберт Орос Ди Бартини — советский авиаконструктор, физик-теоретик, философ. Статьи по физике и философии [сост. А.Н. Маслов]. — М. : Самообразование, 2009. — 224 с.
21. Фаддеев Л.Д. Математический взгляд на эволюцию физики / Л.Д. Фаддеев // Природа. — 1989. — № 5. — С. 11–16.
22. Эйнштейн А. Автобиографические заметки / А. Эйнштейн // Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4 т. — М. : Наука, 1967. — Т. 4. — С. 259–293.
23. Эйнштейн А. Всеобщий язык науки / А. Эйнштейн // Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4 т. — М. : Наука, 1967. — Т. 4. — С. 245–247.
24. Эйнштейн А. Вступительная речь / А. Эйнштейн // Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4 т. — М. : Наука, 1967. — Т. 4. — С. 14–16.
25. Эйнштейн А. Физика и реальность / А. Эйнштейн // Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4-х т. — М. : Наука, 1967. — Т. 4. — С. 200–227.
26. Эйнштейн А. Эволюция физики / Эйнштейн А., Инфельд Л. // Эйнштейн А. Собрание трудов : в 4 т. — М.: Наука, 1967. — Т. 4. — С. 357–543.