

ПРОБЛЕМА ИСТИННОСТИ КОНКУРИРУЮЩИХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ТЕОРИЙ

Показано, что проблема истинности конкурирующих физических теорий носит языковой характер. В качестве примера сопоставляются полевая теория Фарадея-Максвелла и теория прямого межчастичного взаимодействия, а также два варианта специальной теории относительности – по Лоренцу и по Эйнштейну, выбор между которыми обусловлен только соображениями удобства. Статья адресована преподавателям физики и студентам, изучающим курс «Концепции современного естествознания».

«Теории – это наши собственные изобретения, наши собственные идеи. Они не навязываются нам извне, а представляют собой созданные нами инструменты нашего мышления» (К. Поппер, Логика и рост научного знания. – М., 1983. – с. 321).

1. Аксиоматическая теория как искусственный формализованный язык

Примерно 2300 лет тому назад великий Евклид разработал аксиоматическое построение геометрии. Так возник дедуктивный аксиоматический метод – важнейший инструмент организации научного знания. В последние 60-70 лет аксиоматический метод с успехом применяется в физике. Типичным примером аксиоматической физической теории может служить аксиоматическая теория поля (АТП). Все результаты аксиоматической теории есть следствия единой системы аксиом, принимаемых без доказательства. В случае АТП, например, аксиомами являются следующие положения:

1. Законы природы не зависят от выбора системы отсчета (релятивистская инвариантность).
2. Событие в точке (x, y, z) не может повлиять на событие в точке (x', y', z') , если интервал времени между этими событиями меньше времени распространения света от одной точки до другой (конечность скорости передачи взаимодействий).
3. Энергия любого допустимого состояния системы положительна, энергия вакуума равна нулю.

Из этих положений чисто математически выводят ряд следствий: так называемую теорему СРТ, дисперсионные соотношения и др. Следствия можно проверить экспериментально и тем самым косвенно подтвердить целесообразность принятых аксиом.

В 1900 году на Втором международном конгрессе математиков немецкий математик Д. Гильберт выдвинул проблему аксиоматизации физики в целом, при решении которой из конечного числа исходных аксиом можно было бы логически вывести все следствия, необходимые для полного описания физической картины мира. Как выяснилось в дальнейшем, проблема эта оказалась принципиально неразрешимой. Аксиоматически можно построить лишь отдельные разделы физики: классическую механику (включая ее релятивистскую часть), электродинамику, термодинамику, квантовую механику, а также некоторые разделы биологии и лингвистики.

Основные положения, лежащие в основе теории, следовало бы назвать постулатами. В современном языке аксиомы и постулаты рассматриваются обычно как синонимы. Но во времена Евклида между этими понятиями проводилось четкое различие. В самом деле, аксиома представляет собой самоочевидную истину и вводится словами: «очевидно, что ...». Постулат же не выражает логической необходимости и вводится с помощью оборота: «допустим, что ...». Целесообразность допущения доказывается косвенно. Самоочевидное, логически необходимое утверждение также можно ввести как постулат, тем более что самоочевидное для одного человека может быть совсем не самоочевидным для другого. Но положения, лежащие в основе аксиоматических теорий, отнюдь не являются самоочевидными для большинства людей.

Геометрию Евклида и другие аксиоматические теории можно рассматривать как искусственные формализованные языки. В 1921 году австрийский философ и логик Л. Витгенштейн сформулировал идею «логически совершенного» языка, который отображал бы всю совокупность знаний о мире как множество элементарных утверждений, связанных логическими операциями конъюнкции, дизъюнкции и т.д. Возникло влиятельное направление в философии – лингвистическая философия. Представители этого

направления считают, что источник многих философских проблем заключается в ошибках употребления языка. Но философия связана с естествознанием (в частности, физикой). Поэтому естественно предположить, что многие проблемы естествознания также носят языковой характер. Ряд примеров, подтверждающих сказанное, приведено ниже.

Любая аксиоматическая теория не может быть полной в том смысле, что обязательно содержит положения, которые в рамках этой теории, нельзя ни опровергнуть, ни доказать. Например, утверждение: «Заряд любого тела есть величина, кратная $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл», нельзя ни опровергнуть, ни доказать в рамках АТП. Для анализа таких положений необходимо выйти за рамки этой теории, т.е. необходима теория более высокого порядка (метаязык). В роли метаязыка может выступать национальный язык (русский, немецкий и т.д.), а также более общая физическая теория. Метаязыковой характер имеют, например, такие законы (принципы) физики, как *принципы относительности, соответствия, дополненности и причинности*.

2. Язык естествознания и естественный язык

Язык – это знаковая система любой природы, выполняющая две функции: *коммуникативную* (средство общения) и *познавательную* (инструмент познания мира). Роль знаков в естественнонаучном языке играют слова естественного (национального) языка, математические символы, а также понятия, величины и термины, вводимые с помощью *определения*.

Важнейшим разделом языкознания является *семантика* (от греч. *semantikos* – обозначающий); семантика изучает лексические значения слов, выражений и оборотов речи. Закономерности сочетания знаков и правила построения предложений изучает *синтаксис*. И, наконец, способы употребления знаков в конкретной ситуации общения изучает *прагматика*. Семантика, синтаксис и прагматика это три направления *семиотики* (от греч. *sema* – знак) – науки о знаках и знаковых системах. Эти лингвистические понятия имеют прямое отношение к естествознанию. Применительно к физике можно говорить о физической семиотике и ее разделах.

Физика, как любая естественная наука, это семантическая знаковая система. Изучение национального языка начинается с изучения значения слов и правил обращения со словами. Изучение физики начинается с определения основных понятий и величин. Так формируется физический словарь. Далее формулируются аксиомы (постулаты), затем дедуктивно выводятся общие утверждения – физические законы, которые, в отличие от определений, можно проверить экспериментально. Чем отличается построенный таким образом физический язык от естественного (национального) языка?

В древности научные знания выражались с помощью национального языка, язык натурфилософии в принципе совпадал с языком повседневного общения. Но уже древнегреческие ученые осознали многозначность слов, соответствующую образно-понятийному мышлению древних греков. Например, «отец античной диалектики» **Гераклит** не признавал абсолютно неизменных определений, слово Гераклита меняет свое значение в зависимости от контекста. Центральное понятие (термин) в его философии «ЛОГОС» трактуется по-разному: то как всеобщий строй вещей («Всеобщее»), то как разумный Огонь, то как Война, Право, Справедливость и т.д. Язык Гераклита – поэтический, образный, многозначный. Вот образец его научной (!) речи: «На огонь обменивается все и огонь на все, как на золото – товары и товары на золото» (цит. по кн. [1]).

Противоположный подход к слову мы встречаем у **Парменида**, «отца рационализма». Парменид считал, что имена вещам дают люди, поэтому имена не могут быть правильными по природе. По Пармениду, существует неизменное, сохраняющееся начало, свойства которого выражаются в условных понятиях.

Современные естественные науки, а в частности физика, – это специфические языки, пользующиеся элементами национального языка, но *существенно отличающиеся от него прежде всего гораздо большей однозначностью понятий (слов)*.

Рассмотрим такое важное понятие, как «время». В русском языке это:

- длительность бытия, мера длительности всего совершающегося;
- определенный момент;
- эпоха, период;

- пора дня, года;
- подходящий момент, удобный случай;
- форма глагола (настоящее время, будущее время и т.д.)
- спортивный показатель (спортсмен показал хорошее время и т.д.).

В физике время – это количественная мера упорядоченной эволюции материального объекта как целого от его возникновения до гибели [2].

В естественнонаучном языке содержание термина «время» фиксируется точным определением. Смысл научного термина часто не совпадает ни с одним из значений соответствующего слова языка повседневного общения. Поэтому нельзя узнать, например, что такое *физическое* время, если обратиться к словарям Д.Н. Ушакова или С.И. Ожегова, а нужно привлечь для этого специальную физическую литературу или физический энциклопедический словарь. «Способ образования понятий в науке отличается от применяемого в повседневной жизни не своими принципами, а лишь более точным определением понятий и следствий, более тщательным и систематическим отбором экспериментального материала и большей экономией мысли», – говорил Эйнштейн [3].

Другим отличием естественнонаучного языка от языка повседневного общения является использование научной символики – особых знаков, не имеющих ничего общего со словами национального языка. Поясним это на примере физики.

Первоначально введение специальных символов диктовалось лишь удобством компактной формулировки физических законов. Например, удобно записать $F = ma$, но можно обойтись и без этих обозначений и дать равноценную формулировку закона Ньютона, используя слова «сила», «масса», «ускорение». В классической физике математическая формализация это только вспомогательный прием, упрощающий формулировку физических законов. Без этого приема, конечно, трудно представить аналитическую механику, электродинамику, термодинамику. Успехи этих наук в 19 веке на 99% обязаны математике. Без математического языка были бы немыслимы небесная механика, электродинамика Максвелла, количественная формулировка 2-го начала термодинамики, теория тепловых машин и т.д. Классическая физика, однако, обычно оперировала величинами и понятиями, смысл которых был ясен заранее.

Развитие физики в 19 веке привело к ряду замечательных теоретических открытий-предсказаний, из которых назовем хотя бы открытие «на кончике пера» **Левьерье** и **Адамсом** планеты Нептун (1846) и открытие Максвеллом электромагнитных волн (1865).

В 20 веке теоретические открытия-предсказания становятся особенно частыми. Здесь можно назвать:

- открытие кванта действия (**М. Планк**, 1900);
- открытие дискретных энергетических уровней электрона в атоме (**Н. Бор**, 1913);
- открытие вынужденного излучения (**А. Эйнштейн**, 1919);
- открытие расширения Вселенной (**А.А. Фридман**, 1922);
- открытие позитрона (**П. Дирак**, 1927).

Математика из вспомогательного средства превратилась в 20 веке в мощный источник новых идей и открытий, подтверждаемых в дальнейшем на опыте.

3. Словарь физики

Подобно тому, как одну и ту же мысль можно выразить по-русски, по-немецки, по-английски и т.д., одну и ту же физическую истину можно выразить с помощью разных математических средств. Вспомним в этой связи *матричную* квантовую механику **В. Гейзенберга** (1925) и *волновую* квантовую механику **Э. Шредингера** (1926). Обе механики были логически непротиворечивы, обе находились в согласии с опытом. Спустя примерно один год специалисты поняли, что оба варианта механики принципиально равноценны, язык одной можно перевести на язык другой. Через много лет **Р. Фейнман** (1965) предложил третий вариант квантовой механики, положив в основу своих рассуждений так называемый *интеграл по траекториям*. Квантовая механика по Фейнману использует сложный математический аппарат бесконечномерных интегралов в функциональном пространстве. С помощью этого аппарата можно получить уравнение Шредингера и «перевести» фейнмановский вариант квантовой механики на матричный или волновой язык.

Существует три языка, на которых можно сформулировать классическую термодинамику: **Р. Клаузиуса**, **К. Каратеодори** и **А.А. Гухмана** (интересующихся отсылаем к статье автора в сб.: В помощь учителю физики. – Псков, 1996. – с. 52-58).

Механику можно изложить на «силовом» языке **Ньютона** или на «энергетическом» языке **Лагранжа** и **Гамильтона**. О языковых проблемах механики быстрых движений будем говорить ниже.

Физические теории XX века вторгаются в область, недоступную экспериментальной проверке. Так, квантовая теория поля допускает, что элементарные частицы – кванты поля – могут обладать пространственной протяженностью. В то же время эта протяженность совершенно не нужна для самой теории и не может быть доказана экспериментально. Термин «элементарная частица» наполнен теперь совсем другим содержанием, чем это было 50-60 лет тому назад. При переходе в область, все более отдаленную от нашей повседневной практики, возрастает информационная емкость используемых понятий. Для описания состояния материальной точки в классической механике нужно задать конечное число параметров-координат (три декартовых координаты и три проекции импульса). Состояние квантовой частицы задается уже комплексной волновой функцией координат и времени, квадрат модуля которой интерпретируется как плотность вероятности обнаружить микрочастицу в данном месте пространства. В классической механике материальная точка движется в евклидовом трехмерном пространстве. В квантовой механике вводится гильбертово пространство, «точками» которого являются волновые функции.

В этой связи возникает принципиальная трудность, на которую указывал американский физик-теоретик **Ю.П. Вигнер**: «... для понимания все расширяющегося круга явлений в физику необходимо вводить все более и более глубокие понятия, и этот процесс не завершается открытием окончательных, абсолютных понятий» [4]. Этому бесконечному процессу усложнения противостоит конечность жизни человека (и человечества). Возникает «информационный тупик», выход из которого, возможно, состоит в переосмыслении того, что значит «понять явление». До сих пор считалось, что для этого надо установить непрерывную аналитическую цепочку от данного явления к известным нам закономерностям. «Понимание есть, в сущности, не что иное, как уподобление. То, что ни на что не похоже, тем самым непостижимо», – писал французский поэт **Поль Вальери**. В наши дни все чаще считается, что «понять явление» – это значит «построить его непротиворечивую модель» [5].

Рассмотрим теперь подробнее способ построения словаря физики, т.е. процедуру определения понятий и величин. Физическую величину можно определить *формально-логически* или *операционально* [6]. Формально-логическое определение заключается в добавлении новых признаков к более общему (родовому) понятию, в результате чего возникает более ограниченное (видовое) понятие. Так, прямоугольник – это параллелограмм с углами в 90° , квадрат – это прямоугольник с равными сторонами и т.д. Формально-логически можно определить, например, такие понятия, как «тело», «материальная точка», «траектория», «равнопеременное движение», «точечный заряд», «электрический ток», «постоянная скорость», «механическая энергия». Основные же понятия физики (сила, масса, энергия, заряд, магнитный момент и др.) не поддаются формально-логическому определению и могут быть определены только *операционально*, т.е. путем указания экспериментально воспроизводимой операции, доступной для наблюдения или измерения.

Полное определение физической величины включает качественную и количественную сторону: необходимо, давая определение, указать, что именно характеризует определяемая величина, и указать ее видовые признаки или же способ ее измерения. Цитированное выше определение понятия «время» не является полным. Чтобы оно стало таковым, необходимо указать способ измерения времени: время измеряется часами, т.е. прибором, в основу которого положен некоторый периодический процесс (колебания маятника или кварцевой пластинки, излучение атомов и т.д.). Не все величины нужно и можно вводить операционально. Вопрос этот очень непростой даже в пределах механики. Как, например, следует определить массу и силу, чтобы операциональное определение не заслонило собой физический закон? Проблему эту хорошо понимали уже **Э. Мах** и **А. Пуанкаре**.

Определения должны исключать всякую двусмысленность, быть возможно более краткими и однозначными. Конечно, мы не можем в одночасье отбросить доставшиеся

нам в наследство неудачные или двусмысленные понятия. Но стремиться к этому необходимо. Нужно отдавать себе отчет в том, например, что один и тот же термин может иметь разное значение в зависимости от контекста. Например работа – это *процесс*, но этим же словом обозначается *величина* A , являющаяся мерой изменения энергии; ток – это *явление*, но током называют также и *величину* I (лучше сказать *сила тока*, но инженеры-электрики часто говорят просто *ток*). Неудачен термин «*электродвижущая сила*». Много неудачных терминов в термодинамике, возникших в пору господства теории теплорода: *количество теплоты*, *теплоемкость*, *тепловая энергия*. Требуется специального изучения вопрос, какие из них следует оставить, а какие изъять из употребления. Указания по правильному применению наименований, обозначений и определений физических величин и их единиц можно найти в [7].

4. Теория прямого межчастичного взаимодействия

Остановимся теперь на борьбе двух концепций – *дальнодействия* и *близкодействия*, которая ведется на протяжении нескольких столетий. Концепцию дальнодействия сформулировал в 1713 г. ученик Ньютона, кембриджский математик **Роджер Котс** (1682-1716) в предисловии ко второму изданию «Математических начал натуральной философии». Ньютонская теория тяготения считается «дальнодействующей», хотя отношение самого Ньютона к этой концепции неясно. Концепция дальнодействия господствовала до середины 19-го века в очень сильной немецкой физической школе. К этой школе нужно отнести **К.Гаусса**, показавшего, что следует уточнить смысл дальнодействия, с учетом запаздывания и опережения во времени. В этом направлении работали **В.Вебер**, **К.Нейман**, **К.Ф. Цельнер** и многие другие выдающиеся физики. «Дальнодействующими» были и первые теории электрического взаимодействия.

Конец господству концепции дальнодействия положила теория электромагнитного поля Максвелла, основанная на альтернативной концепции близкодействия. Против концепции дальнодействия выступили выдающиеся ученые – **М.Фарадей** (1791-1867), **Д.К. Максвелл** (1831-1879), **В. Томсон** (1824-1907), **Э.Мах** (1838-1916) и др. С тех пор концепция близкодействия считается в физике общепринятой и по сей день.

Вместе с тем, в 20-х гг. 20-го века выяснилось, что концепция дальнодействия отнюдь не потеряла своей актуальности, и направление, указанное Гауссом, вовсе не является тупиковым. Это направление исследований возродилось в трудах **К. Шварцшильда**, **Г. Тетроде**, **А.Д. Фоккера**, **Я.И. Френкеля**, **Дж. Уиллера**, **Р. Фейнмана** и других авторов. Теория гравитационного взаимодействия, основанная на принципе дальнодействия, развивалась в трудах **Ф. Хойла** и **Дж. Нарликара**. Оказалось, что в рамках этой концепции можно описать как теорию электромагнитных, так и теорию гравитационных взаимодействий. Теория, основанная на концепции дальнодействия и ничем не уступающая общепринятым теориям электромагнетизма и гравитации, известна под названием **теории прямого межчастичного взаимодействия** [8]. В такой теории отсутствует понятие физического поля как *материального носителя взаимодействий*. Частицы взаимодействуют друг с другом непосредственно «на расстоянии» – запаздывающим и опережающим образом. При этом учитываются не только парные взаимодействия между частицами, но и тройные, четверные и т. д. Теория прямого межчастичного взаимодействия находится в стадии развития. Как будет развиваться противостояние двух противоположных концепций взаимодействия – покажет будущее. Существуют попытки построения физики вообще без использования понятия «взаимодействие». Таким образом, уже сейчас ясно, что **выбор между концепциями дальнодействия и близкодействия носит чисто языковой характер**.

5. Специальная теория относительности

В заключение рассмотрим с языковых позиций специальную теорию относительности (СТО). Как известно, СТО появилась в связи с проблемой эфира и поисками абсолютно неподвижной системы отсчета. Подход **Г. Лоренца** к проблеме заключался в следующем. Существует эфир и абсолютное движение в эфире. Обнаружить это движение невозможно, так как в движущейся инерциальной системе отсчета (ИСО) происходит

замедление времени $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ и сокращение продольных размеров $l = \frac{l_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$. В

движущейся ИСО Лоренц использует две системы координат: «истинную» (x^*, y^*, z^*) и «местную» (x', y', z'). Переход от неподвижной ИСО к движущейся происходит с помощью преобразований Галилея. Для системы, движущейся вдоль оси x :

$$\begin{aligned}x^* &= x - Vt; \\y^* &= y; \\z^* &= z; \\t^* &= t.\end{aligned}$$

Лоренцу следовало бы на этом остановиться, признав замедление времени и сокращение масштабов обратимым кинематическим эффектом, но он пытался объяснить это динамически, не обращая внимания на обратимость эффектов. Понятно, что можно пойти путем Лоренца, объявив условно (!) любую ИСО (например, «солнечную» систему, необязательно связанную с эфиром!) неподвижной.

И здесь мы подходим к определению центрального понятия СТО – понятия *одновременности*. В неподвижной ИСО скорости света в двух противоположных направлениях одинаковы, поэтому в этой ИСО события в двух пространственно удаленных точках называются одновременными, если посланные в момент каждого события световые сигналы встречаются на середине отрезка, соединяющего эти точки. Поскольку в любой другой ИСО, движущейся со скоростью V относительно неподвижной, скорости света в двух противоположных направлениях отличаются на $2V$, то одновременные для неподвижного наблюдателя события будут считаться неодновременными. А события, которые считаются одновременными в движущейся ИСО, на самом деле не одновременны в системе, которая считается неподвижной. Отсюда из чисто кинематических соображений приходим к «замедлению» времени и «сокращению» длины. При таком подходе существует единая для всех ИСО одновременность: события считаются одновременными, если они одновременны в ИСО, принятой за неподвижную. Подход Лоренца позволяет построить стройную, непротиворечивую систему, вариант СТО. Вместо преобразований «истинных» координат и времени можно записать преобразования «местных» координат и времени (преобразования Лоренца), которые и вытекают из кинематических эффектов «замедления» времени и «сокращения» длины:

$$\begin{aligned}x' &= \frac{x - Vt}{\sqrt{1-\beta^2}}; \\y' &= y; \\z' &= z; \\t' &= \frac{t - \frac{Vx}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}}.\end{aligned}$$

По-видимому, Эйнштейн рассуждал иначе. Если эфир нельзя обнаружить экспериментально, то он является физически бессодержательным понятием. Абсолютный покой, абсолютное движение изгоняются из теории вместе с эфиром. Наблюдатель может любую ИСО считать неподвижной. Часы и линейки ведут себя одинаково во всех ИСО, считающихся неподвижными, не замедляются и не укорачиваются. Переход от одной ИСО к другой осуществляется с помощью преобразований Лоренца, но истолкование их иное: обе системы равноправны. Определение одновременности, приведенное выше, годится для всех ИСО. Скорость света в двух противоположных направлениях принимается одинаковой во всех ИСО. Это и означает, что любую ИСО можно считать неподвижной. Пользоваться преобразованиями Галилея в этом случае нельзя. Таким образом, Эйнштейн предложил другой вариант СТО. В логическом отношении он не лучше и не хуже варианта Лоренца. Отличие обоих вариантов носит языковой характер. Язык Эйнштейна более удобен, но отнюдь не более правилен, чем язык Лоренца.

Р. Фейнман говорил: «Предположим, что имеются две теории А и В, совершенно различные с психологической точки зрения, построенные на совершенно разных принципах и т.д., но такие, что все вытекающие из них следствия в точности одинаковы и совпадают с экспериментом <...> зададим себе вопрос, на каком основании мы отдадим предпочтение одной из них? Наука этого не знает, <...> и не существует научного метода выяснения, какая из них верна»[9]. Доказано, что в работе «Электромагнитные явления в системах движущихся со скоростью, меньшей скорости света» (1904) Лоренц не просто вплотную подошел к теории относительности, но создал (пусть в неосознанном виде) один из вариантов СТО [10].

6. Заключение

Подведем итог.

Любая естественнонаучная дисциплина может рассматриваться как своеобразный искусственный язык, отличающийся от естественного языка большей однозначностью понятий (слов) и применением математических символов.

Использование математической символики в современном естествознании – не просто удобный прием, но условие его существования и развития, источник новых открытий.

Одну и ту же естественнонаучную теорию можно изложить на разных «языках», предпочтение одного «языка» другому обусловлено лишь соображениями удобства.

Истинность теории следует понимать как ее непротиворечивость.

Язык естествознания непрерывно совершенствуется, обогащается новыми понятиями, а старые понятия наполняются новым содержанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кессиди Ф.Х. От мифа к логосу. – М. : Мысль, 1972. – с. 197-198.
2. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная. – М. : Наука, 1987. – с. 39.
3. Эйнштейн А. Физика и реальность (сборник статей). – М. : Наука, 1965. – с. 67.
4. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М. : Мир, 1971. – с. 175.
5. Барашенков В.С. Существуют ли границы науки: количественная и качественная неисчерпаемость материального мира. – М. : Мысль, 1982. – с. 190.
6. Волковисский Р.Ю. Определение физических понятий и величин. – М. : Просвещение, 1976.
7. Стоцкий Л.Р. Физические величины и их единицы. – М. : Просвещение, 1984.
8. Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
9. Фейнман Р. Характер физических законов. – М. : Наука, 1987. – с. 154.
10. Тяпкин А.А. Дополнение к книге: Б. Клайн. В поисках физики и квантовая теория. – М. : Атомиздат, 1971. – с. 255-287; Выражение общих свойств физических процессов // УФН. – 1972. – т. 106. – Вып. 4.

А.Н. ВЕРХОЗИН

ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ В СЛАБОМАГНИТНЫХ ВЕЩЕСТВАХ

Рассмотрены причины малой популярности магнитооптических методик в структурных исследованиях. Описан универсальный способ расчета структурно-чувствительных величин, характеризующих молекулу вещества в конденсированном и газообразном состоянии, основанный на сопоставлении экспериментально найденной постоянной Верде и рассчитанной по классической формуле Беккереля.

Начиная с 60-х гг. прошлого века магнитооптические эффекты Керра и Фарадея широко и успешно применяются для изучения структуры ферро- и ферромагнетиков. Эффект Керра – вращение плоскости поляризации линейно поляризованного света и изменение интенсивности света при отражении от намагниченного ферромагнитного зеркала – применяется для изучения магнитной микроструктуры поверхности ферромагнетика. Таким путем еще в 60-е годы впервые была измерена толщина доменных границ. Эффект Фарадея – вращение плоскости поляризации света в продольном магнитном поле – применяется для изучения структуры «прозрачных» ферромагнетиков.