

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЛОСОФСКИМ ВОПРОСАМ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АН СССР**

**ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО ФИЛОСОФСКИХ
(МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ) СЕМИНАРОВ АН СССР**

ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ П. Н. ЛЕБЕДЕВА АН СССР

**Сборник материалов в помощь философским
(методологическим) семинарам**

Выпуск IV

**ТЕОРИЯ ПОЗНАНИЯ
И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА**

Ю.А.Кулаков

Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира.

Альберт Эйнштейн

В настоящее время, несмотря на серьезные трудности в области сильных взаимодействий, теоретическая физика продолжает бурно развиваться. Но тем не менее вопрос о новых физических идеях, о создании "достаточно сумасшедшей" теории стоит сейчас как никогда остро.

Чтобы строить новую теорию, нужно знать как устроены старые. Но разве наши знания классических теорий являются неполными?

Традиционная формулировка классических разделов физики слишком утилитарна. Она достаточна для того, чтобы объяснить и описать любое классическое явление, но она явно непригодна для установления общих физических принципов, лежащих в основании различных, на первый взгляд совершенно непохожих, физических теорий. Традиционный подход к классической физике подменяет единый, фундаментальный физический принцип, общий для многих физических явлений, различными, не связанными между собой наборами аксиом, каждый из которых эквивалентен заданию некоторого формализма, описывающего свой определенный класс физических явлений. Что же касается физического содержания этих аксиом, то оно оказывается слишком поверхностным, слишком внешним, апеллирующим к интуиции и наглядным представлениям.

Что, общего, например, между аксиомами Евклида, с одной стороны, уравнениями Ньютона, с другой и принципом относительности Эйнштейна, с третьей? На первый взгляд —

ничего.

Но на самом деле можно показать [1], что и геометрия [2] (рассматриваемая как физическая теория протяженности материальных тел), и классическая механика и специальная теория относительности относятся к классу так называемых феноменологических теорий и могут быть построены по некоторому единому рецепту [3]. Физический принцип, лежащий в основе этого рецепта, является достаточно общим. чтобы объединить в единое целое отдельные, на первый взгляд совершенно различные, физические теории и в то же время является настолько конкретным, что может быть выражен только через данные эксперимента, не требуя привлечения интуитивных понятий или наглядных представлений.

Итак, слабым место традиционного изложения физики является:

1. Интуитивный характер исходных понятий (таких как длина, время, масса, заряд и т.п.).
 2. Поверхностный, чисто внешний характер исходных аксиом, основанных на интуиции и наглядных представлениях.
 3. Отсутствие единой картины строения физики в целом.
- Конечно, не исключена возможность создания "достаточно сумасшедшей" теории более коротким и простым путем без кропотливого пересмотра всей физики и особенно ее оснований снизу доверху.

Однако, вполне возможно, что на новом этапе развития физики, на этапе фундаментальных преобразований физической картины мира, глубокий анализ общих принципов, упорядочение физических понятий и согласование их с современным уровнем теоретической физики, может оказаться полезным в создании нового формализма.

В связи с этим предлагается новый подход к изучению физических явлений, основанный на возможности разбиения всех физических систем на два принципиально различных класса: феноменологические и дискретные.

Физические законы, описывающие феноменологические системы, являются в какой-то степени основными, первичными,

фундаментальными.

Любопытно отметить, что благодаря именно феноменологическим законам возможно введение всех известных фундаментальных физических величин таких как длина, время, масса, температура, энергия, энтропия, напряженность электромагнитного поля, заряд, электрическое сопротивление и т.п. Более того, можно сказать, что с каждой из перечисленных выше физических величин связан свой физический закон типа законов сохранения. Мы не можем произвольно вводить фундаментальные физические величины. Число их, конечно, и определяется конечным числом фундаментальных физических законов.

Что же является характерной особенностью феноменологических систем? Эта особенность состоит в том, что для всех феноменологических систем существует универсальная функция, связывающая между собой отдельные результаты эксперимента, выбранные из общей совокупности по определенному простому правилу. Конкретный вид этой функции может быть получен из довольно общих соображений и определяет собой весь формализм данной феноменологической теории. К феноменологическим теориям относятся: теория пространства и времени, теория относительности, классическая механика, электродинамика, термодинамика и т.п. Это значит, что все перечисленные теории могут быть построены по единому правилу с минимальной степенью произвола.

Что же касается теорий, описывающих дискретные системы, к которым относятся: статистическая физика, теория твердого тела, квантовая теория поля, то для них в принципе не существует подобных универсальных соотношений. Для дискретных систем связь между результатами эксперимента осуществляется не непосредственно, а через некоторую модель.

Обычно, когда речь заходит о формулировке исходных принципов той или иной физической теории, имеются в виду некоторые общие положения, из которых вытекали бы как следствия исходные уравнения данной теории: уравнения Ньютона в механике, уравнения Максвелла в электродинамике,

уравнение Шредингера в квантовой механике и т.д. При этом факт существования физических величин, таких как расстояние, координата, время, масса, напряженности электрического и магнитного поля и т.п. предполагается сам собой разумеющимся и все дело сводится к рассмотрению уравнений, обладающих определенной инвариантностью относительно той или иной группы преобразований переменных, входящих в рассматриваемые уравнения. Мы будем называть этот этап основаниями физики на уровне уравнений.

В настоящей статье мы предполагаем формулировать физические теории, начиная с другого, более глубокого уровня, — с уровня физических понятий и величин, предшествующего уровню уравнений.

На этом уровне предполагается, что вся информация о физических объектах должна быть получена по общему правилу из соответствующего набора экспериментальных данных, а сами физические величины — расстояние, время, координата, масса, температура, энтропия и т.д. возникают как некоторые инварианты.

Задача состоит в том, чтобы проанализировать на содержательном уровне элементарные экспериментально проверяемые предпосылки, лежащие в основании физических теорий.

В соответствии с поставленной задачей мы должны сформулировать некоторые весьма общие законы, имеющие место в реальном мире и отражающие специфику отношений между физическими объектами, подобно арифметике на языке абстрактных отношений, не зависящем от конкретной интерпретации рассматриваемых множеств физических объектов и измерительных операций.

Пусть $\mathcal{O} = \{i, k, \dots, \ell, \dots\}$ и $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}, \mathcal{B}, \dots, \mathcal{J}, \dots\}$ два множества физических объектов произвольной природы (например, $\mathcal{O}$ — множество различных проводников $i, k, \dots, \ell, \dots$, а $\mathcal{S}$ — множество различных источников электрического тока $\mathcal{L}, \mathcal{B}, \dots, \mathcal{J}, \dots$). Допустим далее, что существует определенная измерительная операция, сопоставляющая каждой паре физических объектов $(i, \mathcal{L})$

$\in \mathcal{M} \times \mathcal{N}$ вещественное число $a_{i\alpha}^M$ (в нашем примере $a_{i\alpha}^M$ есть показание амперметра $\mathcal{M}$ при подключении проводника i к источнику тока α), так что в конечном итоге вся информация об отношениях множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ оказывается заложенной в матрице опытных данных

$$A = \|a_{i\alpha}^M\|$$

При этом возможна следующая альтернатива: либо матрица A обладает какой-то специальной симметрией и определяет таким образом, некоторую физическую структуру реальных множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$, либо не обладает ею.

Мы должны сформулировать общее правило, позволяющее по данному набору опытных данных A сказать, какая из двух возможностей реализуется в каждом конкретном случае. Это правило может быть сформулировано в самом общем виде, но здесь мы ограничимся лишь его частной формулировкой, в которой рассматриваются отношения между физическими объектами принадлежащими к двум различным множествам $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$.

Исходные физические предположения, лежащие в основании этого правила, просты и естественны:

1. Свойства физических объектов проявляются в их попарных (бинарных) отношениях.

2. Вся информация о бинарных отношениях физических объектов заложена в двумерной матрице опытных данных A .

3. Червичный (фундаментальный) физический закон есть некоторое ограничение на вид матрицы A .

4. Это ограничение состоит в существовании связи между $m \cdot n$ элементами матрицы A , относящимися к конечному числу физических объектов (m объектам из $\mathcal{M}$ и n объектом из $\mathcal{N}$).

5. Связь между $m \cdot n$ элементами матрицы A выражается в существовании функции $m \cdot n$ переменных $\phi(u_1, u_2, \dots, u_{m \cdot n})$, которая обращается в нуль при подстановке в нее соответствующих $m \cdot n$ элементов матрицы A .

6. Каждому первичному физическому закону соответствует свой класс физических объектов.

7. Первичный физический закон имеет универсальный характер, т.е. справедлив для любых групп физических объектов, принадлежащих к соответствующему классу.

Перечисленные весьма общие предположения можно сформулировать в виде некоторого принципа – Принципа феноменологической симметрии [1] :

Мы будем говорить, что на двух множествах физических объектов $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ задана физическая структура ранга (m, n) , где m и n – натуральные числа ≥ 2 , если $m \cdot n$ числовых переменных

$a_{i_1, d_1}^m, a_{i_1, d_2}^m, \dots, a_{i_1, d_n}^m; \dots, a_{i_m, d_1}^m, a_{i_m, d_2}^m, \dots, a_{i_m, d_n}^m$ стоящих на пересечении любых m строк $i_1, i_2, \dots, i_m$ и n столбцов $d_1, d_2, \dots, d_n$ матрицы A , связаны между собой функциональной зависимостью

$$\Phi(a_{i_1, d_1}^m, a_{i_1, d_2}^m, \dots, a_{i_m, d_n}^m) = 0 \quad (1)$$

вид которой не зависит от выбора m – элементного подмножества

$$\mathcal{M}_m = \{i_1, i_2, \dots, i_m\} \subset \mathcal{M}$$

и n – элементного подмножества

$$\mathcal{N}_n = \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \subset \mathcal{N}$$

При этом предполагается, что вещественная функция переменных $\Phi(u_1, u_2, \dots, u_{mn})$ достаточное число раз дифференцируема и имеет градиент отличный от нуля во всех точках, где $\Phi(u) = 0$, за исключением, может быть, множества точек меры нуль. Кроме того предполагается, что функция Φ не может быть представлена в виде суперпозиции функций меньшего числа переменных в следующем смысле: если среди элементов $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ выделить два элемента i и d и зафиксировать все остальные, то равенство $\Phi(u) = 0$ запишется в виде:

$$\Phi(u_{i,d}; u_{i_1, d_1}, \dots, u_{i_1, d_{n-1}}; u_{i_2, d_1}, \dots, u_{i_2, d_{n-1}}; \dots, u_{i_{m-1}, d_1}, \dots, u_{i_{m-1}, d_{n-1}}) = 0$$

Рассматривая $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{i(n-1)}$ $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{i(m-1)}$ как две группы параметров, мы требуем, чтобы они входили в Φ существенным образом [4].

Мы будем говорить также, что функциональная зависимость вида (1) задает физический закон феноменологического типа ранга (m, n) , инвариантный относительно выбора конечных подмножеств $\mathcal{P}_m$ и $\mathcal{P}_n$ и реализуемый на множествах $\mathcal{P}$ и $\mathcal{Q}$.

С чисто математической точки зрения равенство (1) справедливое при любых $\mathcal{P}_m \subset \mathcal{P}$ и $\mathcal{P}_n \subset \mathcal{Q}$ является системой $\frac{M!N!}{(M-m)!(N-n)!}$ функциональных уравнений относительно одной неизвестной функции $m \cdot n$ переменных $\Phi(u_1, u_2, \dots, u_{mn})$ и $M \times N$ - мерной числовой матрицы $A = \|a_{i\alpha}\|$; задача состоит в том, чтобы найти такую $M \times N$ - мерную матрицу A_{MN} и такую функцию $\Phi(u_1, u_2, \dots, u_{mn})$, что для любой прямоугольной $m \times n$ - мерной подматрицы A_{mn} матрицы A все ее элементы, подставленные в Φ , обращали бы $\Phi(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$ в нуль.

Требование существования соотношения (1) при любом выборе m элементов из множества $\mathcal{P}$ и n элементов из множества $\mathcal{Q}$ мы называем принципом феноменологической симметрии. Этот принцип наиболее естественным образом выражает факт равноправия всех элементов множеств $\mathcal{P}$ и $\mathcal{Q}$ по отношению к физическому закону ранга (m, n) .

Исходное требование равноправия физических объектов по отношению к тому или иному физическому закону выглядит настолько общим, очевидным и даже тривиальным, что кажется немыслимым, что из него можно получить какую-либо информацию о структуре и конкретном виде физических законов. Но как это ни кажется удивительным, но оказывается [3], что из одного только требования универсальности закона (справедливости его для различных объектов, принадлежащих к достаточно широкому классу) вытекают, разумеется, в разумных и точно оговоренных рамках, как конкретное выраже-

ние для самого физического закона, так и существенные ограничения на возможные значения опытных данных. Так в работе [1] показано, что матрица числовых значений $A = \|a_{ik}\|$ и функция $\phi(u_1, u_2, u_3, u_4)$, описывающие физическую структуру ранга (2,2) определяются однозначно, с точностью до некоторого преобразования, зависящего от выбора конкретной измерительной процедуры и не-существенного для построения общей теории. Что же касается общего случая физической структуры ранга (m, n) , то есть основания считать, что и в этом случае физическая структура определяется однозначно [5].

Итак, при заданных m и n вид первичного физического закона (1) можно определить априори из принципа феноменологической симметрии, то можно в принципе проверить, реализует ли та или иная конкретная матрица опытных данных физический закон данного ранга или нет.

Заметим, что сформулированный выше принцип феноменологической симметрии, дополненный подобным же принципом, описывающим аналогичные отношения равноправия между различными физическими объектами, принадлежащими к одному и тому же множеству $\mathcal{M}$, являются, повидимому, единственным способом последовательно и строго ввести понятие физической величины, исходя из единственного источника информации — матрицы опытных данных A . Дело в том, что любая физическая величина (расстояние, время, масса, температура, электрический заряд и т.п.) определяется "внутренними" свойствами того или иного множества физических объектов $\mathcal{M}$ и не может быть введена произвольно, "по определению". Например, строго говоря, мы не имеем права априори отождествлять показания конкретных часов $\mathcal{M}$ — "квази-время" $\tau_{ik}^{\mathcal{M}}$ с "истинным" промежутком времени t_{ik} , значение которого не зависит от конкретной измерительной операции $\mathcal{M}$, выбранной из достаточно широкого класса, а определяется лишь "внутренними" свойствами множества событий.

Таким образом, прежде чем ввести ту или иную физическую величину, мы должны убедиться в существовании определенных свойств рассматриваемых множеств. Обычно это делается интуитивно. Принцип феноменологической симметрии позволяет сформулировать эти первичные свойства физических объектов в явном виде на несколько необычном языке функциональных уравнений.

Л и т е р а т у р а

- 1 Ю.И.Кулаков. "Об одном принципе, лежащем в основании классической физики", ДАН, т.193, № 1, 1970 г.
- 2 Ю.И.Кулаков. Геометрия пространств постоянной кривизны как частный случай теории физических структур, ДАН, т.193, № 5, 1970 г.
- 3 Ю.И.Кулаков. Элементы теории физических структур, стр.1-174, Новосибирск, НГУ, 1968 г.
- 4 Л.П.Эйзенхарт. Непрерывные группы преобразований, И.Л., 1947 стр.16-19.
- 5 Г.Г.Михайличенко. Вопросы единственности решения основного уравнения теории физических структур (Дополнение к книге [4]), стр.175-217.