

работу подключается концептуализирующий интеллект, строящий новый каркас («призму»), возможно, из обломков старого или примеряя уже готовый альтернативный каркас: конкурирующую теорию, прототеоретическую схему и т. п. Л. Флек даже не пытается найти рациональные описания этого процесса, относя его целиком к области психологии. Как бы то ни было, в конце концов хаос восприятий постепенно сменяется упорядоченными очертаниями — возникает и начинает укрепляться новый стиль мышления, в рамках которого формируются научные факты, т. е. концептуализированные конструкции из перцептуального материала, осмысленного и оформленного в рамках нового стиля мышления. «Факт, — пишет Л. Флек, — всегда появляется в контексте исторического движения мысли и всегда как результат определенного стиля мышления [8, с. 95].

Итак, наука развивается двумя кардинально различными путями: первый путь — это следование проторенной дорогой установленного авторитетами стиля мышления, второй — ломка традиций и стилей, открывание новых путей, создание нового стиля мышления. Нетрудно увидеть аналогию между этими мыслями Л. Флека и позднейшим делением на «нормальную» и «революционную» науку у Т. Куна. Однако у Л. Флека «нормальная наука» лишена унылой алгоритмичности, какая приписывается ей Т. Куном. Пример открытия реакции Вассермана показывает, что, и следуя данному стилю мышления, ученые приходят к совершенно новым и неожиданным открытиям, даже если их ожидания вполне соответствуют исходным теоретическим посылкам. Творческое начало органически присуще науке, и, даже следуя установленным предписаниям, ученый может открыть нечто совершенно неизведанное, подобно Колумбу, искавшему Индию, а открывшему Америку.

Но все же самые решительные рывки вперед наука совершает благодаря «еретикам». Судьба самих еретиков может сложиться по-разному: они либо остаются еретиками, и тогда их идеи, отвергнутые и осмеянные, обречены на «ожидание своего часа» или забвение; либо еретики постепенно создают свой интеллектуальный коллектив и уже в качестве «догматиков» сами отлучают от него других еретиков. Драмы людей заканчиваются вместе с их жизнью; драма идей продолжается бесконечно. Всякий раз новый стиль научного (и не только научного) мышления претендует на обладание объективной истиной, на единственно верное отражение реальности; и всякий раз следующий виток познания опровергает это убеждение, подчеркивая его социальный и психологический статус.

Мы уже говорили о релятивистских мотивах у Л. Флека. Важно уяснить, как далеко распространяется релятивизм в его представлениях о науке и ее истории. Одно дело — релятивизм профессионального методолога, как бы со стороны изучающего характерные для науки явления и процес-

сы; здесь решающую роль может играть философская позиция исследователя, диктующая ему способ оценки. Другое дело — релятивистские тенденции у практического ученого, каким был Л. Флек. Гносеологический релятивизм, заимствованный им из соответствующих философских источников, неминуемо должен был вступать в конфликт с интуицией исследователя, для которого преемственность научного знания — вещь совершенно естественная и жизненно необходимая. Л. Флек хорошо понимал относительность истинности предлагаемых наукой способов объяснения объектов и процессов; историзм — существенная черта его эпистемологических взглядов. Но полемически заостряя свою аргументацию против антиисторизма и метафизического фундаментализма логических психистов, он неоправданно абсолютизирует момент релятивности научного знания, что делает его позицию весьма уязвимой для критики.

История науки предстает у Л. Флека как бесконечный процесс крушения и возникновения научных идеалов. Но что приводит в движение этот процесс, существуют ли внутренние механизмы, поддающиеся рациональному описанию, без которых движение стало бы невозможным? Л. Флек не находит иных объяснений, кроме расплывчатых намеков на осознание учеными практической социальной значимости научных достижений, а также на этические характеристики людей науки, преклоняющихся перед идеалом истины, который освящает их самоотречение, необходимую деперсонализацию в интеллектуальном коллективе и вместе с тем подвигает на ересь, бунт, когда приходит время сделать новый радикальный шаг в науке [8, с. 142—144]. Разумеется, такой подход к объяснению движущих сил науки нельзя признать ни достаточным, ни удовлетворительным.

Таков абрис эпистемологической концепции Л. Флека. Прочитанная спустя 45 лет после своего первого выхода в свет, книга Флека, конечно, может рассматриваться лишь как дополнительный материал к изучению антипозитивистской традиции в философии науки. Ее можно прочитать как работу, во многом предвосхитившую более поздние методологические идеи Т. Куна, П. Фейерабенда, С. Тулмина, а также как одну из первых работ по социологии науки. Здесь мы отметим лишь два, на наш взгляд, наиболее существенных урока, извлекаемых из критического знакомства с эпистемологическими размышлениями.

В стремительном течении современных дискуссий вокруг проблемы построения адекватного образа науки отчетливо просматриваются две основные тенденции. Первая состоит в поиске фундаментальной философской основы для методологических и науковедческих моделей. Именно зыбкость философской почвы является главной причиной неудач и несовершенств моделей научного развития, предлагаемых современными западными авторами. Явное или неявное осознание этого обстоятельства обуславливает повышенный интерес

западных методологов к философской проблематике, еще недавно третируемой неопозитивистами⁵. В этом отношении концепция Л. Флека является поучительным примером, когда блестящая эрудиция, глубокое проникновение в существо и историю научного исследования, вступая в конфликт с абсолютизацией моментов релевантности научного знания и гипертрофией социальных и психологических методов, приводят лишь к упрощенному и парадоксальному образу науки.

Вторая тенденция состоит в построении многомерного, комплексного образа науки в противовес одноплоскостным проекциям этого образа, абсолютизируемым в силу уже названных философских дефектов. Формулируя эту задачу, М. Г. Ярошевский пишет: «Наука как форма общественно-исторической деятельности трехаспектна и потому может быть адекватно отображена только в системе координат: предметно-логической, социально-научной и личностно-психологической» [6, с. 98]. Характерным примером этой тенденции в зарубежной методологической литературе являются работы Дж. Холтона [5] и С. Тулмина [9]. Однако выбор размерностей (координат) для построения адекватного образа науки и в этих работах вызывает возражения, равно как и способы объединения этих размерностей. Подробное обсуждение этой проблемы вывело бы далеко за пределы этой статьи. Здесь от-

метим лишь тот очевидный факт, что сформулированная задача пока еще очень далека от удовлетворительного решения. И в этом отношении концепция Л. Флека также дает важный урок: ее очевидные слабости и противоречия во многом проистекают из одномерности, выпячивания отдельных социальных и психологических характеристик и недооценки или искажения других измерений науки.

И слабости, и достоинства эпистемологических идей Л. Флека остаются актуальными в наше время. Это и привлекает к ним внимание философов, методологов и историков науки.

Литература

1. Большая Медицинская Энциклопедия. Изд. 2. Т. 4. М., 1958.
2. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
3. Леви-Брюль Л. Первобытное мышление. М., 1930.
4. Лекторский В. А., Садовский В. Н. Проблемы методологии и философии науки.—Вопросы философии, 1980, № 3.
5. Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981.
6. Ярошевский М. Г. Структура научной деятельности.—Вопросы философии, 1974, № 11.
7. Fleck L. Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv. Basel, 1935.
8. Fleck L. Genesis and Development of Scientific Fact. Chicago, London, 1979.
9. Toulmin S. Human Understanding. V. I. Princeton, 1972.

⁵ Об этом свидетельствуют, например, итоги VI Международного конгресса по логике, методологии и философии науки (см. [4]).

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Н. В. АЛЕКСАНДРОВА

При самом поверхностном знакомстве с историей векторного анализа нельзя не заметить того огромного и решающего влияния, которое оказала физика при формировании векторного исчисления.

Векторы вошли в математику вместе с геометрической интерпретацией комплексных чисел. При этом операции сложения, вычитания, умножения на действительное число обладают очевидной наглядностью. Чтобы геометрически проиллюстрировать умножение, нужно представить комплексное число в показательной форме $re^{i\varphi}$. Тогда произведение двух чисел запишется в виде:

$$r_1 e^{i\varphi_1} \cdot r_2 e^{i\varphi_2} = r_1 r_2 e^{i(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Первый множитель в левой части равенства можно рассматривать как оператор, который растягивает в r_1 раз вектор-множитель и поворачивает его на угол φ_1 .

В начале XIX в. предпринимались попытки развить теорию высших комплексных чисел, которые изображались бы точками трехмерного пространства. Такая теория была создана знаменитым ирландским математиком У. Р. Гамильтоном (1805—1865). Поиски нескольких десятилетий завершились следующим выводом: преобразование вектора в пространстве зависит от четырех характеристик: коэффициента растяжения, угла поворота вокруг некоторой оси и двух параметров, задающих ее направление. Исходя из этого, Гамильтон приходит к заключению, что гиперкомплексное число должно содержать четыре слагаемых, т. е. иметь вид $x + iy + jz + ku$, где i, j, k — мнимые единицы, $i^2 = j^2 = k^2 = -1$ и $ij = k, ji = -k, jk = i, kj = -i, \dots, ijk = -1$. Одновременно i, j, k и единичные векторы, направленные по осям координат, Гамильтон назвал такие «четверки» кватернионами.

Первое сообщение о кватернионах было сделано Гамильтоном в 1843 г., затем последовали многочисленные журнальные публикации (105 статей) и книги «Lectures on Quaternions» (1853) и «Elements of Quaternions» (1866). Стиль Гамильтона охарактеризован Ганкелем в следующих выражениях: «...теорию вместе с некоторыми приложениями ее он изложил в обширных „Lectures...“ в форме, очень неудобной для математиков на материке, но, по-видимому, очень естественной для англичан. Дело в том, что эта теория изложена в разбросанных отрывках, проблемы рассматриваются не во всей общности, но сначала лишь в некоторых специальных случаях, далее излагается все это несвязно благодаря разным применениям и другим исследованиям для того, чтобы лишь впоследствии закончить задачу во всем ее объеме, да и то иногда лишь случайно. Тут присоединяется еще необычайно обширное, непрерывно повторяющееся изложение...» [1, с. 242].

Преданным учеником Гамильтона, а после его смерти и главой школы стал шотландский физик П. Г. Тэт (1831—1901). Блестящий лектор и педагог, Тэт систематизировал материал, дал четкое изложение теории, о которой как его ученики (Келлэнд, Нотт), так и научные противники (Хевисайд) отзывались как о единственно доступном руководстве по этому предмету.

Тэту принадлежат многие результаты теории кватернионов. Он развил приложения теории к геометрии и физике. В частности, именно Тэт предложил первое векторное изложение геометрии, именно он применил оператор ∇ к векторной функции.

Отношение к учению со стороны его приверженцев можно охарактеризовать только как «фанатическую веру в универсальное значение теории кватернионов. Вокруг Гамильтона возникла школа, которая в фанатичности и нетерпимости превзошла своего учителя. Эти черты способны были вызвать только противодействие, и поэтому кватернионы встречали, например, в Германии упорное сопротивление со стороны большинства математиков до тех пор, пока они не проникли кружным путем через физику в форме векторного анализа...» [3, с. 224].

Благодаря Тэту с теорией кватернионов познакомился его друг со школьной поры Максвелл (1831—1879). Максвелл увидел в «доктрине векторов» математический аппарат исследований и тот язык, на котором должна излагаться теория электричества и магнетизма [2, с. 244].

В «Treatise on Electricity and Magnetism» (1873), в разделе «Предварительные сведения», Максвелл изложил ту часть теории кватернионов, которая составила его математический аппарат.

Начало очерка традиционно повторяется во всех учебниках физики — это деление величин на скалярные и векторные. При этом в изложении Максвелла i , j , k — только единичные векторы, о мнимых

единицах нет речи. Правда, правила оперирования с векторами — кватернионные произведение двух векторов, вообще говоря, есть кватернион:

$$\begin{aligned}\alpha\beta &= (x_1i + y_1j + z_1k)(x_2i + y_2j + z_2k) = \\ &= -(x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2) + \\ &+ i(y_1z_2 - y_2z_1) + j(x_2z_1 - \\ &- x_1z_2) + k(x_1y_2 - x_2y_1).\end{aligned}$$

Скалярная часть произведения $-(x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2)$ обозначается, как и в теории кватернионов, $S\alpha\beta$, а векторная $-i(y_1z_2 - y_2z_1) + j(x_2z_1 - x_1z_2) + k(x_1y_2 - x_2y_1)$ обозначена через $V\alpha\beta$.

Из теории кватернионов Максвелл отобрал необходимый минимум и изложил в координатной форме, т. е. он приблизительно очертил объем сведений, которые должны быть перенесены в векторное исчисление, и наметил направление, в котором желательно развитие метода.

Создаваемую терминологию Максвелл обсуждал в письмах к Тэту. В частности, он предложил назвать оператор ∇ — «атлед» — прочитанное наоборот delta. В их переписке употреблялось и слово «набла» — название ассирийской арфы, на которую похож символ ∇ [2, с. 247—250]. В математической литературе термин «набла» появился впервые в статье Тэта (1890).

В исследованиях Максвелла впервые в явной форме появляются многие основные формулы векторного анализа — в трудах Тэта эти формулы трудно узнать из-за кватернионной записи.

Опубликованные в 1911 г. фрагменты из переписки Максвелла и Тэта (сохранились только письма Максвелла) показывают, что Максвелл никогда не был восторженным кватернионистом и что он уже обратил внимание именно на те черты теории кватернионов, против которых через 20 лет восстал векторный анализ.

В статье «On the Importance of Quaternions in Physics» (1890) Тэт доказывал, что кватернионы — «универсальный метод для математики и физики, свободный от искусственности и громоздкости декартова символизма». Из этой веры вытекал отказ от использования теории определителей, матриц и т. п. вплоть до декартовой системы координат. К четвертому изданию своего «An elementary Treatise on Quaternions» Тэт предполагал так переработать книгу, чтобы полностью устранить систему координат, «сбросить декартовы пути».

Максвелл хотел каким-нибудь образом согласовать векторы с координатами. Об этом свидетельствует координатный язык его трудов и вопросы к Тэту по этому поводу.

В теории кватернионов квадрат вектора — отрицательная величина (это — следствие положения $i^2 = j^2 = k^2 = -1$). Максвелл писал, что в двуязычном исследовании (т. е. когда используются и векторы, и координаты) это обстоятельство вызывает беспокойство; если выбирать

самое мягкое выражение, это очень большое неудобство, что при переходе от одного языка к другому надо менять знаки у величин и постоянно отмечать, средствами какого языка говорят о величине в каждый момент. Как примирить те факты, что квадрат АВ всегда положителен в декартовой системе и всегда отрицателен в теории кватернионов? Как пахать одновременно быком и ослом?

Значение, которое книга Максвелла имела для развития векторного исчисления, невозможно переоценить. Благодаря ей векторы, отвергаемые вместе с теорией кватернионов, вошли в физику. «Treatise on Electricity and Magnetism» явилась для большинства физиков источником первого знакомства с векторами и причиной дальнейшего изучения векторных методов. В частности, это верно для создателей современного векторного исчисления — Хевисайда (1850—1925) и Гиббса (1839—1903).

Английский инженер-электрик Хевисайд был по существу самоучкой; с 1874 г. он занимался исследованиями в собственной лаборатории; ему принадлежат статьи по электромагнитной теории, математической теории связи, строению атома. Если предмет изучения требовал новых методов. Хевисайд творил методы. Он признанный создатель операционного исчисления, менее известна его роль в формировании векторного анализа.

Из-за четко выраженных прикладных целей Хевисайд не уделял внимания строгому математическому обоснованию своих методов. Единственным критерием ценности математического аппарата для него была приспособленность этого аппарата для решения предлагаемых задач, при этом решения быстрого, легкого и наглядного. Именно такова его аргументация за векторы и против кватернионов. Знаменитые слова Хевисайда поясняют его отношение к математической строгости: «Откажусь ли я от обеда, потому что я недостаточно хорошо представляю процесс пищеварения? Нет, если я удовлетворен результатом» [7, с. 121]. Эти фразы могут быть отнесены и к векторному исчислению.

Хевисайд пошел по пути, намеченному Максвеллом, — взять из теории кватернионов векторы и ту часть теории, которая содержит операции с ними. До 1882 г. статьи Хевисайда не противоречат теории кватернионов, т. е. они точно такого же характера, как «Treatise» Максвелла. В 1885 г. Хевисайд дает первое общее изложение своей векторной системы («On the Electro-Magnetic Wave-Surface»), которую он считал «упрощением» теории кватернионов. Строго говоря, упрощений, а вернее, изменений два:

Хевисайд вводит определением два вида произведений векторов — «векторное» и «скалярное»; определяя скалярное произведение как $ab = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$, Хевисайд полагает тем самым $i^2 = j^2 = k^2 = +1$. (В 1886 г. он предложил использовать

для обозначения векторов жирную печать.)

В дискуссиях эти новшества часто (обеими сторонами) характеризовались как изменения в обозначениях. В самом деле, в теории кватернионов $\alpha\beta = S\alpha\beta + V\alpha\beta$. Хевисайд разделил это полное кватернионное произведение на два различных, назвав скалярную часть произведения «скалярным произведением», а векторную — «векторным произведением». Для скалярного произведения он ввел обозначение $\alpha\beta$, так что $\alpha\beta = -S\alpha\beta$. Для обозначения векторного произведения он сохранил запись $V\alpha\beta$.

Важным следствием (и основным достоинством системы, по мнению Хевисайда) явилась возможность согласовать векторное исчисление с физикой и с «координатной математикой»; Хевисайд неоднократно подчеркивал, что его система — это компромисс между декартовыми методами и кватернионными, т. е. практически он выполнил программу Максвелла (по-видимому, не зная о ней): «одновременно пахать и быком, и ослом».

Уже в первом варианте теории он писал: «Дело большой практической важности: обозначения должны гармонировать с формулами декартовой математики, чтобы можно было легко перейти от одного к другому, как это часто требуется в исследованиях, без изменения в обозначениях. Этого, мне кажется, не достигают обозначения проф. Тэта с их многочисленными буквенными префиксами¹ и особенно с отрицательным знаком перед каждым скалярным произведением; отрицательный знак является причиной величайшего неудобства при таких переходах» [6, I, с. 3].

Хевисайд не создал никаких новых теорем в векторном анализе, но он «связал векторный анализ с большим числом новых и важных идей во все расширяющемся поле теории электричества...» [4, с. 169]. В самом деле, всегда сразу же вслед за определением (а иногда и до определения и без определения) Хевисайд приводит физические иллюстрации и рассматривает задачи. Например, непосредственно после введения оператора ∇ следуют параграфы: «§ 130. Пять примеров операции ∇ в преобразовании криволинейного интеграла к поверхностному». «§ 132. Девять примеров результата дифференцирования оператора ∇ ». Хевисайд писал: «Я верю, что система, которую я изложил, представляет собой то, что хочет физик, по крайней мере то, с чего надо начать. Это как раз то, что я излагал с 1882 г., хотя скорее в примерах, чем в заповедях» [7, с. 77].

В это же время над созданием векторного исчисления, независимого от теории кватернионов, работал американский физик Гиббс. Имя Гиббса, творца статисти-

¹ Кроме $S\alpha\beta$, $V\alpha\beta$ в теории кватернионов употреблялись T_α — тензор вектора (т. е. длина), U_α — единичный вектор направления α и т. д.

ческой физики, нельзя обойти в истории векторного исчисления. Помимо внешних изменений — введение по определению двух видов произведений векторов, обозначенных $\alpha \cdot \beta$ и $\alpha \times \beta$, допущения $i^2 = -1$ — Гиббс осуществил переворот в методах теории. Гиббсу принадлежит новая трактовка теории линейных операторов, он развил метод диад, ввел в изложение определители и матрицы, т. е. существенно приблизил исчисление к современному построению теории.

Так же как и Хевисайд, Гиббс представлял свою систему как некоторую модификацию теории кватернионов, скорее как применение определенной части ее, нежели как нечто враждебное и ей противоположное: «Основные принципы изложенного ниже анализа — те же, что и у знакомых студентам кватернионов, и только слегка отличаются от них. Манера, в которой излагается предмет, кое в чем отлична от метода кватернионов, так как объект исследования не требует понятия кватерниона. Здесь просто дана подходящая система обозначений для тех соотношений между векторами или между векторами и скалярами, которые кажутся наиболее важными...» [5, с. 17].

Гиббс разослал около 130 экземпляров двух своих статей по векторному анализу ученым разных стран; эти статьи, написанные в 1881, 1884 гг., были опубликованы только в 1906 г., уже после смерти Гиббса, в «The scientific Papers». Сегодня трудно судить о влиянии, которое оказали распространяемые столь частным образом статьи на развитие векторного исчисления. Однако в 1890 г. Тэт в предисловии к третьему изданию своего «Treatise» написал, что «теория кватернионов в последнее время развивается медленно, и первая причина, тормозящая прогресс, — профессор Гиббс и его Памфлет».

Этим высказыванием началась дискуссия, длившаяся более 4 лет, которую Гиббс называл «борьбой за существование», а Хевисайд — процессом «Векторы против кватернионов». «Клике векторного анализа и ее верховному жрецу Гиббсу» (выражение ярого кватерниониста Нотта) были предъявлены многочисленные обвинения в плагиате, в переложении чужих результатов на новый, неуклюжий язык. Введение двух видов произведений, векторов объявлялось догматическим и искусственным. Таким же считалось требование $i^2 = j^2 = k^2 = -1$, которое разрывало связь между векторной алгеброй и теорией функций комплексного переменного, да и с алгеброй вообще, а также закрепляло за i, j, k единственное значение — единичного вектора. Наконец, векторное исчисление считалось движением вспять — к декартовым координатам.

Все линии полемики и все проблемы тесно переплелись в вопросе об обозначениях. Эта, казалось бы, самая безобидная проблема включала в себя все перечисленное выше. С одной стороны, последовательные кватернионисты настаивали, что в векторном анализе нет ничего нового

по сравнению с теорией кватернионов, кроме обозначений. С другой — Гиббс и Хевисайд (как уже отмечено выше) представляли свои системы как некоторое усовершенствование именно в обозначениях. Хевисайд писал: «Векторный анализ, который я использую, может быть охарактеризован либо как удобное и систематическое сокращение обозначений декартового анализа, либо как теория кватернионов без кватернионов и с упрощенными обозначениями, согласованными с декартовыми» [7, с. 35].

Однако изменения, внесенные «лишь» в обозначения, лишали исчисление кватернионной основы, изменяли коренным образом методы, сохраняли органическую связь физики и декартовых координат и, таким образом, неузнаваемо преобразовали теорию.

В этой полемике Гиббс и Хевисайд проявили полное единодушие. Гиббс опубликовал в журнале «Nature» четыре обстоятельные статьи, в которых сравнивал теорию кватернионов и учение Грассмана, анализировал методы теории кватернионов и векторного исчисления. Участие Хевисайда выразилось не только в двух статьях, направленных в «Nature». Эксцентричный и саркастический, протестующий против любой рутины и условностей, Хевисайд был беспощадным и в научных публикациях. Рецензент изобрел для характеристики стиля Хевисайда такие слова: «Работа м-ра Хевисайда шетинится юмором...» [8, с. 173]. Объекты сарказма (не юмора!) — и кембриджские математики, не желающие знать ничего, кроме «чистой математики», и инженеры, для которых работы Максвелла и Хевисайда «слишком математичны», но больше всего достается кватернионам. Выпады следуют непрерывно. Приведем в качестве примера выдержку: «... я должен добавить, что изобретение кватернионов нужно считать самым замечательным подвигом человеческой изобретательности. Векторный анализ, без кватернионов, может быть открыт любым математиком при тщательном анализе механики с помощью декартовой математики; но, чтобы найти кватернионы, нужен гений» [6, с. 461].

За дискуссией следили не только ее участники. В 1890 г. Тэт провозгласил, что развитию теории кватернионов мешает «крайне искусственный метод декартовых координат — одно из тех препятствий, которых можно полностью избежать и которые сегодня тормозят прогресс математической физики» [9, с. 86]. Понятно, что война, объявленная Тэтом всей математике, могла вызвать только антипатию к теории кватернионов и сочувствие к его противникам. Ответом Тэту были письма Болла в «Nature» (1893) и статья Кэли «Координаты против Кватернионов» (1894).

Пolemика сыграла важную роль в распространении векторного исчисления, наружила единомыслие многих ученых, развивших независимо более или менее равноценные векторные системы. Она об-

народовала эти системы и познакомила с ними математический и физический мир. Без векторных методов физика уже не могла существовать, решалась форма существования: «векторы с кватернионами» или «векторы без кватернионов».

Непосредственно после дискуссии (в 1899 г.) Гиббса попросили написать статью о векторном анализе в «*Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften*». Он отказался, сославшись на неотложную работу над книгой по статистической механике; статья была написана Абрагамом (1875—1922). Началось вытеснение теории кватернионов из завоеванных ею сфер и предсказанная Хевисайдом диффузия векторов в физику и геометрию. После дискуссии и в континентальной Европе появляются первые книги по векторному исчислению. Первыми были книги Фёппля (1854—1924) «*Einführung in die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität*» (1894) и «*Die Geometrie der Wirbelfelder*» (1897). Подавляющее число монографий носило названия: «Векторный анализ. С применениями к физике и технике» (Ганс), «Векторное исчисление с приложениями в математике и физике» (Коффин), «Векторный анализ и его приложение к теоретической физике» (В. С. Игнатовский) и т. д. И все они построены по единому плану: первая часть — краткий курс векторного исчисления, вторая — приложение.

Итак, с одной стороны выделение векторного анализа из теории кватернионов было вызвано потребностями теории электричества и магнетизма Фарадея — Максвелла, и современный векторный анализ в основном развит Гиббсом и Хевисайдом. А с другой — Гиббс же сыграл важную роль в математизации физики.

Литература

1. Ганкель Г. Теория комплексных числовых систем, преимущественно обыкновенных мнимых чисел и кватернионов Гамильтона вместе с их геометрическим толкованием. Казань, 1912.
2. Карцев В. П. Максвелл. М.: Молодая гвардия, 1974.
3. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии. Ч. 1. М.—Л.: ОНТИ, 1937.
4. Crowe M. A History of Vector Analysis. Notre Dam, L., 1967.
5. Gibbs J. W. The Scientific Papers. v. I. L., N. Y., Bombay, 1906.
6. Heaviside O. Electrical Papers. v. I. L., 1892.
7. Heaviside O. Electro-magnetic Theory. London, 1951.
8. Swinburne J. Electro-magnetic Theory. By Oliver Heaviside.—Nature, 1894, v. LI.
9. Tait P. G. On the Importance of Quaternions in Physics.—Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 1890.

К ВОПРОСУ ОБ ОТКРЫТИИ ХАРАКТЕРНЫХ АТОМНЫХ ГРУППИРОВОК

Н. В. ФЕДОРЕНКО

Николай Семенович Курнаков (1860—1941) получил мировую известность как создатель физико-химического анализа. Работы в области химии комплексных соединений занимают в его наследии сравнительно скромное место. Однако и они сыграли значительную роль в развитии как теоретических представлений, так и экспериментальных методов исследования. Эти работы Н. С. Курнаков начал в 90-х годах. Наиболее крупным исследованием этого периода была его диссертация «О сложных металлических основаниях», опубликованная в 1893 г. [1], в которой Курнаков сформулировал свою теорию строения этих соединений¹. Очень важной была его мысль о взаимном влиянии частиц, находящихся в непосредственной близости к металлу, т. е. о взаимном влия-

нии лигандов². Эта мысль впоследствии получила развитие в теории транслюиния И. И. Черняева (1893—1966) [2, с. 243—275]. В диссертации Курнаков описал реакцию комплексных соединений двухвалентной платины с тиомочевинной, реакцию, позволившую химическим путем определять пространственное расположение частиц вокруг комплексообразователя. Этой реакцией пользуются до сих пор, и она носит название реакции Курнакова.

В работе Н. С. Курнакова «О сложных металлических основаниях» впервые вы-

¹ Под сложными металлическими основаниями Курнаков понимал соединения солей металлов MX_m с молекулами воды, аммиака и т. д.

² Курнаков писал: «... при образовании сложной аммиачной соли $MX_m \cdot nNH_3$ наблюдается изменение в функциях не одной какой-либо составной части, например металла, кислотного остатка или аммиака, но всех их одновременно». И далее: «... можно определить сложные аммиачно-металлические соединения как аммонийные соли, в которых аммиак удерживается металлом и кислотными группами одновременно» [1, с. 46].