

НИЖЕГОРОДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО

**На правах рукописи**

**АНТАКОВ Сергей Мирославович**

**ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧИ  
В СТРУКТУРЕ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Специальность 09.00.01 —  
диалектика и теория познания**

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата философских наук**

**Нижний Новгород 1994**

Работа выполнена в секторе философских вопросов физики Института философии РАН.

Научные руководители:

доктор философских наук, профессор **Ю. В. Сачков**;  
доктор философских наук, профессор **М. М. Прохоров**.

Официальные оппоненты:

доктор философских наук, профессор **А. А. Касьян**;  
кандидат философских наук, доцент **Р. П. Стронгина**.

Ведущая организация — Нижегородский кадровый центр.

Защита состоится 22 июня 1994 г.

в 15:00 час на заседании специализированного совета  
К 063.77.09 в Нижегородском государственном университете  
им. Н. И. Лобачевского по адресу: 603091, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,  
корп. 2, комн. 312.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета по  
адресу: пр. Гагарина, 23, корп. 1.

Автореферат разослан 21 мая 1994 г.

**Ученый секретарь специализированного совета,**  
доктор философских наук **А. М. Дорожкин**

## 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Мы раскрываем избранную тему преимущественно со стороны ее теоретического, отвлеченно-логического содержания. Она имеет, впрочем, и прагматический, исторический аспект, в котором только и выявляется ее актуальность, в значительной мере обусловленная практической значимостью и малой степенью разработанности темы (см. пп. 2 и 6). Изучение структуры научного исследования, углубляющее его философское понимание, призвано повысить качество подготовки научных работников и открыть пути оптимизации научно-исследовательской деятельности. Научное исследование структурируется с помощью понятий, основными из которых мы полагаем проблему, задачу, метод решения задачи, гипотезу. Для ученого важно иметь ясное представление о том, с чего начать исследование, как его организовать и контролировать. Все эти вопросы связаны в конечном счете с пониманием и обоснованием исходного пункта научного исследования — научной проблемы. Решение проблем является в науке основным способом получения знаний, развития средств познания и самой познавательной деятельности. Осмысление, выделение и изучение этого исходного элемента всякого исследования становится существенной предпосылкой оптимизации научно-исследовательской деятельности. Непредубежденное изучение научных проблем все еще требует преодоления позитивистского крена в методологии, затормозившего исследования познавательной роли проблемы в планировании и организации исследований. Позитивистская реконструкция процесса получения знаний, как известно, не предполагала осмысления познавательной роли научной проблемы, что объясняется характером исходных методологических установок позитивизма. Прояснение последних, не повторяющее известную критику этого направления, органично вошло в содержание нашей работы.

Понятие задачи выражает существенную формальную особенность всех видов целенаправленной деятельности человека. С прагматической точки зрения задачу можно определить как такую заранее принимаемую схему (программу) целенаправленных действий, которая позволяет получать планируемые результаты<sup>1</sup>. В нашем изучении научно-исследовательской деятельности понятие задачи приобретает особенно большую методологическую нагрузку

---

<sup>1</sup> Герасимов И. Г. Структура научного исследования. М. 1985. С. 5.

и философское значение.

Относительно выделенных выше структурных элементов научного исследования должен быть поставлен коренной вопрос: каким образом они согласуются в единую систему познавательных действий для реализации его целей? По существу, он и стоит в центре наших изысканий. В известной литературе эта проблема остается нерешенной, что подтверждает И. Г. Герасимов в цитируемой нами монографии, целиком посвященной структуре научного исследования. Мы видим объективную причину столь неудовлетворительного положения, делающего актуальной нашу работу, в том, что выявление особенных отношений между проблемой, задачей, методом, гипотезой, необходимо включающее раскрытие механизмов выдвижения гипотез и приращения знания, есть проблема эвристики — науки, пытающейся найти закономерности творческого мышления. Изучение структуры научного исследования в своем существе сопряжено с проблемами эвристики, трудность или, по мнению многих авторов, невозможность решения которых имеет логическую природу, поскольку творческое мышление есть мышление, неизбежно нарушающее логические правила и методологические каноны. Стоило продумать логическую сущность проблемы эвристики до ее логического конца, чтобы прийти к принципиальному решению проблемы структуры научного исследования, неожиданно оказавшемуся по духу близким методологическим идеям Поппера<sup>2</sup>.

Эта проблема тем более актуальна, что ее решение востребовано практической задачей оптимизации и интенсификации научных исследований, поставленной в связи с их компьютеризацией. Именно дискуссии о роли вычислительных машин в науке, о возможностях и пределах алгоритмизации и механизации научных исследований показали, насколько необходима и важна разработка философской теории науки, которая позволила бы выявить конкретные связи между всеми ее подсистемами. В частности, расширение сферы эффективного использования компьютера в науке существенным образом зависит от результатов изучения структуры научного исследования во всей возможной ее полноте и общности.

## 2. РАЗРАБОТАННОСТЬ ТЕМЫ

Итак, мы продвигаемся в решении вопросов структуры научного

---

<sup>2</sup> Поппер К. Логика и рост научного знания. М. 1983.

исследования, устанавливая принципиальные логические отношения между проблемой и задачей, задачей и методом, задачей и гипотезой. Этот успех обусловлен выбором нашей основной аналитической модели и центральных понятий исследования, производных от нее, — прямой и обратной задач (их смысл разъяснен в п. 8). Именно они стали основными элементами предлагаемого нами метода формализации понятий проблемы и методов, благодаря которому и обнаружилось указанные логические отношения. Другими ключевыми понятиями нашего исследования стали понятия корректности и некорректности задачи (см. п. 8), позволившие придать строгий логический и философский смысл полученному формальному разделению методов решения задач на два основных вида (аналитический и синтетический). Каковы же успехи и средства других исследователей, задававшихся подобными или близкими вопросами?

Поппер выдвинул схему познания, исходным и конечным пунктами которой является проблема и которая отображает реальный рост научного знания более адекватно, чем разработанная позитивистами гипотетико-дедуктивная модель. Эта схема у самого Поппера осталась голой, необходимая связь проблемы и методов ее решения не была и не могла быть раскрыта им, поскольку не было исследовано и формализовано понятие проблемы.

На наш взгляд, лучшие работы, посвященные изучению и формализации понятия проблемы, принадлежат В. Н. Карповичу. Он обращает внимание на то, что «вопросно-ответная ситуация в науке», несмотря на важность ее анализа, остается мало изученной<sup>3</sup>, и предлагает логическую формализацию понятия проблемы<sup>4</sup>, по существу, ориентированную на гипотетико-дедуктивную модель знания. В отличие от математических средств, используемых нами, формально-логические средства, используемые им, не позволяют отобразить все богатство содержания понятия проблемы и, в частности, непосредственно получить из последнего основные методы ее решения.

Явно недостаточная разработанность вопросов, относящихся к структуре научного исследования, констатируется, но не преодолевается, И. Г. Герасимовым и объясняется теми же трудностями, которые препятствуют разработке эвристики (см. п. 1). Даже наиболее

---

<sup>3</sup> Карпович В. Н. Экспликация структуры научных проблем в интеллектуальной деятельности ученого // Научное знание: логика, понятия, структура. Новосибирск. 1987. С. 38.

<sup>4</sup> Карпович В. Н. Проблема, гипотеза, закон. Новосибирск. 1980.

значительные или известные сочинения по эвристике, принадлежащие Паппу, Декарту, Лейбницу, Больцано и др., на поверку оказываются работами, посвященными методам логического обоснования уже найденных решений и по существу не пригодны для поиска и открытия ранее не известных решений. Таковы и последние из широко известных работ по эвристике, написанные Пойа<sup>5</sup>. Посвятив их теории и практике решения математических задач, Пойа не упоминает понятий прямой и обратной задач, без которых, как мы убедились, невозможно продвинуться достаточно далеко ни в исследовании проблем эвристики, ни в изучении структуры научной деятельности.

Итоги нашего исследования могут служить убедительным доказательством того, что возможности разработки избранной темы прямо зависят от философского освоения упомянутых конкретно-научных понятий. Но почти единственным источником сведений о прямых, обратных и некорректных задачах, истории и методах их решения служат специальные научные публикации — статьи и монографии по математике, информатике и физике. Именно они дали нам идею математической формализации понятия проблемы, оказавшуюся исключительно плодотворной. Обилие специальных публикаций резко контрастирует с практически полным отсутствием соответствующих философских и методологических работ. Нам известны всего несколько работ, где прямые, обратные и некорректные задачи хотя бы только упоминаются. М. Бунге посвящает прямой и обратной задачам две страницы книги<sup>6</sup>, М. С. Бургин и В. И. Кузнецов — один абзац статьи<sup>7</sup>. Все три автора ограничиваются определениями прямой и обратной задач. В. Н. Костюк несколько глубже проникает в сущность обратной некорректной задачи, которая служит ему математическим примером задачи причинной индукции<sup>8</sup>. Наибольшую ценность для нас представила статья профессионального математика В. А. Винокурова и философа К. А. Зуева<sup>9</sup>, раскрывающая историю обратных некорректных задач

---

<sup>5</sup> Пойа Д. Как решать задачу. М. 1961; Пойа Д. Математическое открытие. М. 1970; Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения М. 1975.

<sup>6</sup> Бунге М. Философия физики. М. 1975. С. 306—308.

<sup>7</sup> Бургин М. С., Кузнецов В. И. Задачи как компоненты проблемно-эвристической подсистемы научной теории // Научное знание: логика, понятия, структура. С. 58.

<sup>8</sup> Костюк В. Н. Индуктивные методы и индуктивные исследования. Понятие о научной гипотезе и аналогии // Логика научного познания (Актуальные проблемы). М. 1987. С. 100—101.

<sup>9</sup> Винокуров В. А., Зуев К. А. Вычислимое и невычислимое в вычислительной математике // Вопросы философии. 1982. № 5.

математики и некоторые связанные с ними принципиальные вопросы. Главы «Проблемы интерпретации физического эксперимента» и «Некорректные задачи математической физики», написанные Н. Г. Преображенским и вошедшие в книгу<sup>10</sup>, суть единственные из известных нам работ, целиком посвященных философскому осмыслению обратной задачи математической физики. В них верно отражены некоторые важные аспекты темы, однако привлечение трех законов диалектики и метода восхождения от абстрактного к конкретному не оказалось особенно плодотворным.

Все упомянутые работы по отдельности и в совокупности не дают картины систематической, достаточно полной и глубокой разработки темы.

### 3. ЦЕЛИ РАБОТЫ

Важнейшие цели, обусловившие содержание, особенности структуры и элементы новизны диссертации, в обобщенном виде могут быть сформулированы следующим образом:

1. В итоге изучения античной метафизики сформулировать основную проблему естествознания, выявить (в терминах материальной и формальной причин) ее структуру и убедиться к ее структурном единстве с задачами пауки нового времени. Положить эту цель в качестве первой предпосылки форм тли нации понятия естественнонаучной проблемы.

Предпринять исследование некоторых существенных особенностей античной диалектики, которое позволило бы обнаружить в ней источник научного метода в его двух основных видах, соответствующих разделению достоверного и вероятного (правдоподобного) знания. Положить эту цель в качестве историко-философской предпосылки формализации понятия метода решения естественнонаучной проблемы.

2. Привлекая философские, особенно герменевтические, исследования понятия диалога, критически рассмотреть основания, взаимосвязь и пределы применимости метафор познания природы как (диалектического) диалога с ней и знания о природе как машине, имея в виду использовать результаты этого рассмотрения в завер-

---

<sup>10</sup> Яненко Н. Н., Преображенский Н. Г., Разумовский О. С. Методологические проблемы математической физики. Новосибирск. 1986. С. 115—140.

шающем представлении структуры научного исследования, воплощающей логику научного познания в ее принципиальном соотношении с законами природы.

Провести систематическое исследование конкретно-научных понятий прямой и обратной задач — их истории, содержания, формального выражения и методов решения — рассматривая его как главную предпосылку формализации понятия проблемы.

3. Формализовать понятие проблемы с помощью универсальных математических средств, получив в качестве следствий известные формальные постановки прямой и обратной задач. Произвести формальное разделение двух типов обратной задачи и выяснить их научное содержание.

4. На основе достижения предыдущих целей показать, что понятия двух и только двух существенно разных методов решения потенциально содержатся в самом понятии проблемы, так что их определения естественно вытекают из его формализации, и каждый из них отличным от другого способом сводит обратную задачу к прямой.

Исследовать конкретно-научные понятия корректности и некорректности задачи в их связи с понятиями прямой и обратной задач с целью идентификации двух вышеуказанных методов с аналитическим и синтетическим методами в смысле Канта и Гегеля.

Проследить историю аналитического и синтетического методов в античности (Платон, Аристотель, Евклид, Папп) и новое время (Декарт, Ньютон, Лейбниц и др.), найдя в ней предпосылки для изучения проблем эвристики. Обнаружить и объяснить противоречие двух традиций, античной и новой, в понимании аналитичности и синтетичности. Развить это объяснение в систематическое сравнение аксиоматико-дедуктивной и гипотетико-дедуктивной систем как систем соответственно достоверного и вероятного знания.

Обосновать метод проб (и ошибок) как синтетический метод, дополнительный по отношению к признанному позитивистами аналитическому методу. Сформулировать условия применимости обоих методов и, в итоге, отвести от метода проб возражения тех методологов, которые, приняв аргументы Поппера, не признали его научности.

5. Показать, что метод косвенного апагогического доказательства, зародившийся в русле античной диалектики, метод гипотез или, по Попперу, фальсификации гипотез, принятый в науке нового времени, и метод проб в его многочисленных разновидностях суть модификации определенного нами синтетического метода, по-



сколькx в основе всех этих методов лежит схема гипотетического силлогизма «модус толленс». Показать, что синтетический метод может быть характеризован как софистический или эвристический.

6. Исследовать характер рациональности аналитического и синтетического методов. Используя методологию Аристотеля и Канта, обосновать утверждение Поппера о высшей рациональности метода проб среди прочих научных методов.

Осмыслить прямую и обратную задачи как соответственно аналитическую и синтетическую (в смысле Гегеля), а точные и приближенные методы математического естествознания — как соответственно аналитический и синтетический методы. Выявить диалектику познания природы (диалектику научного исследования) в терминах прямой и обратной задач и аналитического и синтетического методов, имея в виду, что всякая прямая задача индуцирует постановку обратной задачи, а решение обратной некорректной задачи по существу превращает ее в прямую и при этом расширяет систему знания, пополняя ее новыми элементами.

Дать строгие определения двух основных философских и методологических установок или тенденций — аналитической и синтетической. Выявить дополнителъность и диалектику этих тенденций в ее непосредственной связи с диалектикой прямой и обратной задач.

7. Отправляясь от понятия диалога как артикулированного взаимодействия исследователя с природой и применяя разработанный нами метод формализации, представить научное познание в виде единства объективной (законы природы) и субъективной (логика научного исследования) сторон. Исходя из разделения аналитического и синтетического методов, различить аналитическую и синтетическую составляющие логики научного исследования и показать, что они реализуются в зависимости от характера (обратимого или необратимого) законов природы.

Доказать, что конечной целью научного исследования является решение проблемы, формализация которой приводит к обратной некорректной задаче; что структура научного исследования в ее существенной части сводится к системе прямых (механизируемых) задач, подчиненных решению исходной обратной задачи, последовательность и связь которых заранее вполне не определима, но определяется исследователем в процессе проб, т. е. целесообразно.

#### **4. ИСТОЧНИКИ**

Специальная математическая, техническая, естественнонаучная

(включая таких классиков, как Евклид и Ньютон) историко-научная литература дала нам возможность исследовать понятия прямой и обратной задач и методы их решений с необходимой полнотой, позволяющей на основе этого исследования развить идеи о структуре научного исследования. Будучи теоретическими в своей специальной области, эти источники являются эмпирическими для философа.

Теоретическим и металоогическим фундаментом исследования стали сочинения мыслителей, относящихся к традиции рационализма (Платон и Аристотель, Декарт и Лейбниц, Кант и Гегель, Поппер и др.), но также и эмпиризма (Ф. Бэкон, Гоббс, Локк) и особенно логического эмпиризма. Возможность объединения двух традиций объясняется тем, что, противореча друг другу по форме, они несут в себе взаимодополняющее содержание, благодаря чему, например, Канту удалось синтезировать их в первой «Критике». Исследуя структуру познавательной деятельности, мы пользуемся идеями рационалистов и эмпиристов, учитывая критику, выдвинутую против них иррационалистами и постпозитивистами. В качестве особого источника, ввиду его значительности для обоснования этой критики, а следовательно, для синтеза нескольких традиций, мы должны назвать теоремы Геделя о неполноте и непротиворечивости формальных логических систем. Последние можно рассматривать как рационалистический идеал системы знания.

Большую и важную группу теоретических и методологических источников образуют работы отечественных историков, философов и методологов науки. Кроме тех, что уже были упомянуты в пп. 1 и 2, к ней относятся работы И. А. Акчурина, Л. Г. Антипенко, М. Д. Ахундова, Л. Б. Баженова, В. В. Бородкина, Б. В. Булюбаша, П. П. Гайденко, А. М. Дорожкина, В. В. Казютинского, А. А. Касьяна, В. П. Катасонова, Е. А. Мамчур, А. Л. Никифорова, А. П. Огурцова, А. И. Павленко, М. М. Прохорова, Г. И. Рузавина, Ю. В. Сачкова, Р. П. Стронгиной, В. С. Тюхтина и др. Именно через их работы, их печатное и живое слово, через их ссылки, оценки, идеи, а подчас критические замечания и советы, лежал путь к нашей концепции, за что мы, пользуясь случаем, выражаем им свою признательность.

## **5. НОВИЗНА РАБОТЫ**

Диссертация содержит элементы новизны. О них свидетельствуют вместе явно недостаточная разработанность темы исследования (см. пп. 1 и 2), новизна основных целей диссертации (см. п. 3) и то,

что эти цели были достигнуты. В дополнение к элементам, по существу указанным в п. 3, отметим еще, что 1) нами произведена содержательная и формальная типология задач; впервые в методологической литературе произведено последовательное разделение двух двойственных типов обратной задачи и выяснено эпистемологическое значение этого разделения; выявлено логическое, философское и методологическое значение некорректности задачи; 2) дана новая интерпретация генезиса естественнонаучной теории на примере системы механики Ньютона; предпринято новое, более глубокое осмысление значения разделения законов природы и начальных условий в решении проблемы естествознания; 3) найдены средства формализации в познании, направленной от неформальной проблемы к полуформальной некорректной обратной задаче и далее к формальной прямой задаче, доставляющей решение проблемы; 4) показана нередуцируемость метода проб к регулярным (аналитическим) методам и его совместимость с кумулятивной концепцией познания; 5) эксплицирована логика открытия, не являющаяся психологией (т. е. решена проблема, поставленная Поппером), и доказана ее двойственность и дополнительность логике обоснования. Но объективно наиболее значительным вкладом в методологию, по нашей оценке, является разработанный нами метод формализации понятий проблемы и метода, основанный на использовании не традиционных формально-логических средств, а математического аппарата. Это позволило выявить такие философски значимые черты научного познания, которые до сих пор не удавалось выразить с помощью языков логических исчислений. Это также дает надежду на плодотворные практические приложения нашей работы (см. пп. 1 и 6).

## **6. ПРАКТИЧНОСТЬ РАБОТЫ**

Диссертационная работа обладает потенциальной практичностью двух родов. Первая, более непосредственная возможность применения знаний о структуре и функционировании системы научных исследований раскрыта в п. 1 и связана с практической задачей механизации и оптимизации этих исследований. Для решения указанной задачи с возможно меньшими затратами сил особенно необходимо достижение той цели, которую мы сформулировали в п. 3 под номером 7. Вообще же, поставленные и решенные в диссертации задачи могут быть полезны для развития научной методологии и решения новых проблем математического естествознания

и информатики (что имеет очевидное прикладное значение), а также для развития исследований в области машинного эксперимента и создания прикладных систем искусственного (машинного) интеллекта, входящих в проект ЭВМ пятого поколения.

Практичность второго рода имеет более опосредованный характер гуманитарных приложений, направление которых обнаруживается в некоторых опубликованных нами работах (см. п. 9). Так, ряд идей диссертации, особенно относящихся к диалогу и диалектике, стал для нас логическим и методологическим фундаментом в исследовании принципиальных проблем образования, единства естественнонаучного и гуманитарного знания, оценки перспектив и роли науки в обществе, экологического кризиса и др. проблем, практический аспект которых трудно переоценить.

## 7. АПРОБАЦИЯ

По теме диссертации автором были сделаны сообщения и доклады на научных конференциях и семинарах, указания на которые содержатся в списке публикаций (см. п. 9). Кроме того, выступления на ту же тему были сделаны нами на методологическом семинаре в Институте прикладной физики РАН в декабре 1986 г., научной конференции аспирантов в Институте философии РАН в мае 1987 г., заседании сектора философских вопросов физики того же института в феврале 1988 г., научной конференции аспирантов в Институте истории естествознания и техники РАН в марте 1988 г., расширенных заседаниях Совета по гуманитарному образованию Нижегородского сельскохозяйственного института (НСХИ) в январе 1992 г. и Проблемного Совета по философии науки при Министерстве науки, высшей школы и технической политики РФ в Институте повышения квалификации Санкт-Петербургского государственного университета в июне 1992 г., методологическом семинаре кафедры философии НСХИ в марте 1993 г.

Материалы диссертации были существенно использованы при разработке курса лекций по основам практической логики, читаемого первокурсникам НСХИ с 1992 г., а также в практических занятиях со студентами того же вуза по темам «Диалектика», «Познание», «Методы научного познания» и др.

Диссертация обсуждалась и была рекомендована к защите в секторе философских вопросов физики Института философии РАН в июне 1990 г. и на кафедре философии Нижегородского государственного университета в июне 1993 г.

## 8. СОДЕРЖАНИЕ

### **Введение**

Мы даем обоснование актуальности нашего исследования, намечаем его основные цели и очерчиваем понятия и категории, играющие в нем ключевую роль. Таковы «проблема», «задача», «система знания», «полнота системы знания». Задача рассматривается нами как результат формализации содержательной проблемы в системе знания. Соответственно этому зрелое научное знание определяется как система постановки и решения задач, откуда следует, что наиболее явными и значимыми элементами системы знания являются задачи и методы их решения. Важнейшая характеристика знания — его полнота. Мы определяем два ее вида: полноту относительно задач и методов, что позволяет провести в нашем исследовании более тонкий анализ механизма роста знания.

### **ГЛАВА 1. Структура и формирование естественнонаучной проблемы. Диалектический источник основных методов естествознания**

#### **§ 1. Структура проблемы как таковой и формальные определения прямой и обратной задач. Аналитическая и синтетическая познавательные установки**

Исследование понятия проблемы любого рода приводит в предположении ее разрешимости к трем элементам анализа — исходному, искомому и преобразующему первый во второй, что позволяет использовать для формализации проблемы аналитическую (математическую) модель. В зависимости от вопроса, указывающего на один из трех элементов модели как на искомое, мы получаем постановку трех задач — прямой и двух обратных. Важным понятием является оператор (прямой) задачи, определяемый как действующий фактор преобразования исходного элемента в искомый. Чтобы наполнить полученные абстрактные формы более конкретным содержанием, мы обращаемся к притче о пещере Платона и находим в ней метафору современного естествознания, решающего обратную задачу, в которой искомый прообраз связан с наличным образом преобразованием, называемым законом природы. В той же притче мы обнаруживаем два неявных познавательных идеала, связанных с двумя познавательными тенденциями или установками — аналити-

ческой (идеал замкнутого знания) и синтетической (идеал открытого знания), противоречивое единство которых находит выражение в диалектике прямой и обратной задач, которая будет вполне раскрыта в § 2 гл. 3.

## **§ 2. Античные метафизические начала формирования естественнонаучной проблемы**

Уже в античности теоретическая мысль нашла наиболее общую постановку, проблемы познания, которая может рассматриваться как прообраз математической постановки задач современного естествознания. Аристотель формулирует ее вопросом «что есть сущее?» и сводит к более глубокому и теоретическому вопросу о причинах и началах сущего, которые, в свою очередь, редуцирует к двум основным причинам — формальной и материальной. Тем самым был намечен путь, которым познание природы следует по сей день. Подвигаясь от сущего как явления к сущностным началам, оно разделяет в них формальную и материальную причины и представляет явление результатом действия формального начала (действующей причины) на материальную причину явления. Это представление позволяет формализовать проблему познания природы с помощью описанной в § 1 аналитической модели и использовать для решения методы, развиваемые математикой.

## **§ 3. Проблема в античной диалектике. Диалектические начала основных методов современного естествознания**

По Аристотелю, вопрос о причинах (или сущности) сущего есть проблема диалектики. Ответом на него является определение сущего, а диалектика в широком смысле, согласно Плотину, и есть способность давать определение каждой вещи, следовательно, полагать основания (путем анализа) и выводить из них следствия (путем синтеза). Аристотель придает диалектике узкий смысл «топики». Он разделяет проблемы и соответствующие им методы на аподиктические и собственно диалектические, а соответствующие им виды знания — на достоверно истинное и вероятное (правдоподобное). «Прямой» аподиктический метод, разработка которого принесла Аристотелю славу основателя логики, получил дальнейшее развитие применительно к геометрии и позднее был осмыслен как аксиоматико-дедуктивный метод. Он является логическим прообразом точных аналитических методов математического естествознания. Мы доказываем, что собственно диалектическим методом является метод

приведения к противоречию, известный в математике и логике под названием апагогического косвенного метода, и объясняем, почему он приводит лишь к вероятному знанию. В § 1 гл. 3 будет показано, что он является прообразом приближенных численных методов математического естествознания.

#### **§4. Античная и новая традиции в истолковании анализа и синтеза. Аналитические и синтетические задачи и методы**

Первая традиция восходит к Платону, понимавшему анализ как диалектическое движение мысли к основаниям (причинам, сущности) обсуждаемого предмета и синтез как обратное движение к предмету; Следуя ей, Евклид и Папп сводят решение математических (геометрических) задач к этапам анализа — поиска пути от обсуждаемого положения к основаниям системы, которая может быть названа аксиоматико-дедуктивной, и синтеза — вывода этого положения из оснований, повторяющего путь анализа в обратном направлении. Но таковы задачи, обосновывающие (доказывающие) уже найденное (истинное) положение. Их следует отличать от эвристических задач поиска истинных положений, даже постановка которых не поддается формализации. В соответствии со сказанным проблемы и задачи науки располагаются в следующем порядке возрастания формальности и убывания эвристичности: поиск решения, анализ решения и синтез решения. Исследование этого предложения требует нового взгляда на анализ и синтез, который в действительности появился в новое время. Привлекая труды Ньютона, мы показываем, что развитие науки, позволившее свести ее задачи к составлению и решению математических уравнений, обогащает содержание понятий анализа и синтеза и приводит к основанию новой традиции в их истолковании, связываемой с кантовскими определениями аналитических (поясняющих) и синтетических (расширяющих знание) суждений. Развивая соответствующие положения Канта и Гегеля, мы полагаем полноту постановки задачи в системе знания в качестве признака, отсутствие или наличие которого разделяет синтетические и аналитические задачи. Первые в отличие от последних не могут быть решены без расширения системы. Аналитический и синтетический методы в традиции Канта определяются как методы решения соответственно аналитических и синтетических задач. Анализ (синтез) в смысле Платона оказывается при этом синтетическим (аналитическим) методом в смысле Канта, что указывает на противоречие двух традиций. Мы объясняем его наличие совершившимся в новое время фактическим радикальным изменением понятия истины

и переориентацией познания на эмпирическое начало, приведшими к тому, что в естествознании аксиоматико-дедуктивный идеал (достоверного) знания уступил свое место образцу гипотетико-дедуктивного (вероятного) знания. Приведа таблицу, устанавливающую различия между двумя этими типами систем с точки зрения их оснований, искомого, обоснуемого и схемы обоснования, мы показываем, что вторая система является обобщением первой.

## **ГЛАВА 2. Аналитическая и синтетическая задачи. Стрела формализации: проблема — задача (вопрос) — решение (ответ)**

### **§1. Содержательные определения прямых и обратных задач физики. Задача и метод в системе Ньютона. Аналитическая установка в физике**

Формальные (логические) определения прямой и обратных задач, данные в § 1 гл. 1. недостаточны для их разделения в случаях обратимого оператора задачи<sup>11</sup>, что требует их дополнения содержательными (историческими) определениями. Ньютон распространил понятия прямой и обратной задач из математического анализа, где им соответствуют задачи дифференцирования и интегрирования, на механику и определил их натурфилософское (естественнонаучное) содержание: обратная задача механики состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать вызывающие их силы природы, а прямая задача — в объяснении явлений движения этими силами. Историческое формирование системы механики описывается нами в терминах развернутого в § 1 гл. 1 метода формализации и тем самым превращается в демонстрацию действенности этого метода. Решение так называемой обратной задачи механики, рассматриваемой Ньютоном как задача анализа, путем аналитического обращения ее оператора, позволило ему связать уже обоснованное теоретическое знание (законы движения Галилея), эмпирическое знание (законы Кеплера) и гипотетическое знание (закон тяготения Гука) в единую систему, в которой закон Гука оказался уже обоснованным (и обобщенным). Система Ньютона послужила образцом для других

---

<sup>11</sup> Оператор (аналитически) обратим, если мы можем сконструировать из стандартных (элементарных) операций обратный к нему оператор. Действие обратного оператора на предмет противоположно действию прямого оператора, так что последовательное действие этой пары операторов оставляет предмет без изменений.



разделов физики, где были предложены аналогичные содержательные определения прямой и обратной задач. По мере успехов в решении обратных задач в физике укрепляется аналитическая тенденция, что сказывается в изменении взглядов физиков на существо задач и предмет их науки. Представление о познании сил и прочих физических сущностей заменяется представлением о познании явлений и, наконец, о решении уравнений как главной задаче физики.

## **§ 2. Понятие некорректности задачи и вопроса. Обоснованность метафоры диалога исследователя с природой**

Важной характеристикой задачи, выявляющей трудности обращения ее оператора, является понятие некорректности. Задача корректна, если она имеет единственное решение, и некорректна, если не имеет решения или имеет более чем одно решение. Поскольку задача ставится с помощью вопроса, понятие некорректности распространяется и на него. Вопрос некорректен, если ответ на него не существует либо существует, но неоднозначен (противоречив), одним словом, если вопрос неправилен с точки зрения аристотелевской логики. Важным историческим уроком стало осознание относительности понятия некорректности задачи или вопроса к системе знания, в которой они поставлены. До 1950-х годов некорректные задачи считались лишенными физического смысла и не представляющими интереса. Это мнение противоречило реальной, но не осознанной научной практике и было следствием аналитической установки ученых. Реабилитация некорректных задач совпала с кризисом позитивизма; для решения некоторых из них были развиты неклассические методы. Существует традиция рассматривать познание природы метафорически, как диалог исследователя с ней. Признание осмысленности некорректных вопросов и задач ведет к допущению индетерминированного начала в природе и служит обоснованию метафоры диалога (см. § 3 гл. 3). Решение всех некорректных задач означало бы конец естественнонаучного познания.

## **§ 3. Аналитичность прямой и синтетичность обратной задач. Стрела формализации. Философское содержание понятий прямой и обратной задач**

При разработке методов решения некорректных задач математической физики исследователь исходит из представления о неполноте постановки таких задач, требующей введения в постановку дополнительных сведений об искомом, содержащихся в принципах,

гипотезах и подобных внесистемных знаниях. Поэтому решение некорректных задач ведет к расширению теоретической системы, так что они являются синтетическими (по Канту) задачами. Как правило, некорректными являются обратные задачи. В отличие от этого, информация, необходимая и достаточная для решения прямых задач, с самого начала содержится в их постановке, решение же доставляется рутинными вычислениями по известным алгоритмам. Поэтому прямые задачи являются аналитическими. Аналитический идеал науки состоит в том, чтобы превратить все синтетические задачи в аналитические и этим достичь полноты теории. Действительно, с формальной точки зрения решение обратной (некорректной и потому полуформальной) задачи заключается в том, чтобы свести ее к прямой (корректной и вполне формальной) задаче, что более подробно рассматривается в § 1 гл. 3. Это позволяет нам расположить вполне неформальную проблему (незадачу), полуформальную обратную задачу (результат формализации проблемы) и вполне формальную прямую задачу (результат решения обратной задачи) в ряд, соответствующий направлению познания от проблемы к ее решению, направлению роста (расширения и усложнения) теоретической системы, и названный нами стрелой формализации. Обобщение содержательных определений прямой и обратной задач в различных разделах Физики приводит к выяснению их философского содержания. Оно выражается в том, что обратная задача задает направление познания от явления к сущности и от действия (следствия) к причине, а прямая задача — обратное направление. Содержательные определения обратной задачи непосредственно переходят в философские экспликации проблемы познания («что есть сущее, каковы его сущность или причины?»), а ее формальное определение связывает ее с прямой задачей, т. е. с решением (ответом). Поэтому стрела формализации ведет от философии к естествознанию и подчиняет последнее первой.

### **ГЛАВА 3. Аналитический и синтетический методы решения задач и логика научного исследования**

#### **§ 1. Аналитический и синтетический методы решения обратной задачи. Метод проб как синтетический метод. Логическая схема синтетического метода**

Особенности ньютонова понимания анализа и синтеза, выявленные в § 4 гл. 1, помогают нам завершить определение обобщенных аналитического и синтетического методов решения обратной

задачи. Аналитическая способность мышления в отношении его предмета заключается в выделении таких частных характеристик предмета, по которым он в результате применения синтетической способности может быть восстановлен если не в исходной полноте, то в целостности. Возьмем в качестве такого предмета математическую функцию, поскольку она служит абстрактной моделью любого предмета (естественных объектов, законов природы, научных задач и т. д.). Теоретический анализ функции, заданной посредством аналитического выражения, сводится к решению уравнений, т. е. к обратной задаче. Поэтому в качестве образца системы знания мы можем выбрать полную теорию решения алгебраических уравнений, включающую методы точного аналитического (буквенно-символического) и приближенного численного решений. Аналитические методы можно рассматривать как собственно теоретические. В их основе лежат тождественные преобразования аналитических выражений, что позволяет обнаружить их логический (дедуктивный, прямой) характер. В отличие от аналитических, приближенные численные методы могут быть названы практическими. Мы доказываем, что в их основе лежит метод проб, что численные методы являются синтетическими в смысле Канта. Пользуясь нашим методом, мы приводим четкие формальные определения обобщенных аналитического и синтетического методов решения обратной задачи, каждый из которых сводит ее к соответствующей прямой задаче или последовательности прямых задач, и выясняем их взаимодополнительные условия применения, определяемые обратимостью оператора задачи, т. е. полнотой системы относительно аналитического метода. Затем мы показываем, что в основе синтетического метода лежит логическая схема «модус толленс», а значит этот метод включает в себя в качестве частных такие методы, как метод фальсификации гипотез, положенный Поппером в основу концепции фальсификационизма, и метод косвенного апагогического доказательства, характеризованный нами в § 3 гл. 1 как собственно диалектический.

## **§ 2. Характер рациональности аналитического и синтетического методов. Диалектика прямой и обратной задач в истории и логике научного исследования**

Вопреки выводам Поппера, считавшего метод проб высшей из известных форм рационального мышления, у этого метода осталось немало противников среди методологов науки. Поддерживая мнение

Поппера, мы сводим разделение аналитического и синтетического методов к разделению соответственно действующей и целевой причинности, а следовательно (см. § 1 гл. 1), рассудочной и разумной рациональности. Будучи разумным и синтетическим в смысле Канта, метод проб действительно является более высокой формой рациональности по сравнению с рассудочным аналитическим методом, но его критики исходят из односторонней аналитической установки, которая не позволяет им увидеть его подлинное значение. Мы показываем, что принципиальная редукция обратной задачи к прямым задачам позволяет позитивистам игнорировать метод проб как интуитивный и якобы ненаучный. Кроме того, мы приходим к выводу, что метод проб вполне совместим с кумулятивистской концепцией роста знания. Накопление (кумуляция) знания особенно явно обнаруживается в преимуществах математической и экспериментальной (в принципиальном отношении это одно и то же) техники, переживающей любые научные революции. Это дает нам право взять в качестве образца преимущества научного знания историю развития понятия числа. Ее важнейшим результатом была теория решения алгебраических уравнений, подробно рассмотренная в § 1. Логика этой истории, характерная для естественнонаучного познания в целом, представлена нами как диалектика прямой и обратной задач, отрицающих друг друга в том смысле, что решение обратной задачи превращает ее в прямую задачу, а обращение прямой задачи приводит к постановке новой, более сложной, обратной задачи. Применение синтетического метода в каждом таком цикле расширяет систему знания, а вместе с тем и область применимости аналитического метода.

### **§ 3. Законы природы и логика научного исследования как объективный и субъективный аспекты научного познания. Аналитическая и синтетическая составляющие логики научного исследования**

Процесс познания представляет собой взаимодействие исследователя и предмета исследования, имеющее форму диалога. Действие субъекта на предмет можно рассматривать как стимул, или «вопрос», к предмету, а изменение предмета под действием стимула — как реакцию, или «ответ», предмета.

Мы можем переменить точку зрения на этот «диалог» и приписать всю активность предмету. Тогда его «действие» (изменение) следует считать первичным стимулом, «вопросом» к субъекту, а

следующее за ним действие субъекта — реакцией, или «ответом». В результате формализации субъект-объектного взаимодействия с помощью нашей основной (математической) модели мы обнаруживаем, что первой точкой зрения в познании соответствует прямая задача предсказания «ответа» природы на «вопрос» исследователя. Оператор задачи истолковывается при этом как закон природы или ее «логика». Второй аспект познания описывается обратной задачей предсказания нового «вопроса» исследователя, который должен следовать за полученным «ответом» природы. При этом оператор, обратный закону природы, должен быть интерпретирован как описание логики исследователя, или исследования. Таким образом, объективный и субъективный аспекты логики взаимно обратны: природа «решает» прямую задачу, действуя в направлении стрелы времени, тогда как исследователь, основываясь на этом природном (экспериментальном) «решении», решает обратную задачу, идеально обращая стрелу времени. Логика научного исследования (субъективная логика) состоит из двух взаимодополняющих компонент, аналитической и синтетической, применяемых в зависимости от характера закона природы (объективной логики). Развивая идеи Поппера с помощью нашего формального метода, мы показываем, что аналитически обратимым законам соответствует «логика обоснования», или классическая (аристотелевская) дедуктивная логика, а необратимым законам — «логика открытия», сводящаяся к синтетическому методу. Тем самым принципиально решается вопрос о структуре научного исследования, месте и роли в нем прямой и обратной задач, а также аналитического и синтетического методов.

### **Заключение**

Мы подводим итоги исследования, которые показывают, что поставленные перед диссертацией задачи решены. Вместе с тем ее тема остается не исчерпанной, что уместно обсудить в заключение. Следующим (и уже сделанным) шагом исследования, естественно вытекающим из уже представленных применений нашего формального метода, но оставленным за пределами диссертации, является построение полной математической модели познания, лишенной недостатков гипотетико-дедуктивной (логической) модели и реализующей замысел Поппера, намеченный в его известной схеме роста научного знания.

## 9. ПУБЛИКАЦИИ

По теме диссертации автор имеет следующие публикации:

1. **Обратная задача в истории науки** // Труды 30 Науч. конф. аспирантов по истории естествознания и техники. М. 1988. С. 17—29. Деп. в ВИНТИ 22.06.88, №№ 4878—В88. Библиограф. опис. в: РЖ 18. Физика. Сист. указ. 1989 г. Т. 1. Ч. 2а. М. 1991.

2. **Цикл учебных логических курсов, объединенных концепциями проблемы и диалога** // Гуманитарное образование в сельскохозяйств. вузе. Межрегионал. науч.-метод. конф. Н. Новгород. 1992. С. 51—53.

3. **Гуманизация образования посредством диалога и ее пределы** // Проблема гуманизации высшего образования: регионал. аспект. Материалы республ. науч.-практ. конф. Екатеринбург. 1992. Ч. 2. С. 49—51.

4. **Пифагорейские мотивы в метафизике П. Флоренского** // Взаимодействие науки и теологии в изучении проблем природы и общества: история и современность. Тезисы докл. V Междунар. семинара. С.-Петербург. 1992. С. 8—9.

5. **Пифагорейская традиция и ее развитие П. А. Флоренским** // Возрождение России и русская обществ. мысль. Материалы конф, Н. Новгород. 1993. Т. 2. С. 55—56.

6. **Естественнонаучные основания и границы машинной метафоры человека и природы** // Проблема человека в системе основных типов мироосвоения. Тезисы докл. Н. Новгород. 1993. С. 83—85.

7. **Двойственная истина и проблема единства знания** // Гносеологические аспекты соотношения науки и богословия. Материалы VI Междунар. семинара. С.-Петербург, 1993. С. 7—9.

8. **Проблема общественного согласия и русское лейбницианство** // Обновление России как возрождение духовности: традиции и новаторство. Тезисы докл. республ. науч. конф. Н. Новгород. 1994. С. 204—207.