И. Г. Герасимов

Научное исследование

Над чем работают, о чем спорят философы

33623

И. Г. Герасимов

НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Издательство
политической
литературы
Москва · 1972

001
Г37

61/9472 72-33623

Герасимов И. Г.

Г37 Научное исследование. М., Политиздат, 1972.

279с. (Над чем работают, о чем спорят философы)

Стремительный прогресс науки нашего времени с необходимостью ведет к изучению самой науки, способов и форм ее организации, темпов и особенностей развития, закономерностей и методов научно-исследовательской деятельности. В книге кандидата философских наук И. Г. Герасимова специально анализируется познавательная деятельность в науке, ее цели, задачи, строение, результаты. Автор рассматривает познавательную деятельность исследователей как часть сложного процесса научного познания, характеризует ее место в структуре науки, показывает, чем она отличается от других видов познавательной деятельности.

Книга рассчитана на читателей, интересующихся анализом науки и научных исследований, проблематикой, объединяемой ныне названием «философия науки».

1—5—2
205—72

001+1М

Введение

Все результаты в науке добываются при помощи познавательных действий. Какие бы научные достижения мы ни взяли — эмпирические, теоретические или логические открытия, выявление, изучение и формулирование закона, построение теории или гипотезы, те или иные конструктивные решения и т. д.,— в основе их всегда лежит сложный и кропотливый труд исследователей. Предметом рассмотрения в данной работе и будет познавательная деятельность в науке, ее цели, задачи, строение и результаты.

Во всяком научном исследовании существенную роль играют сознательно формулируемые цели и проблемы, состав познавательных задач и познавательных операций или действий, методы и средства познания, получаемые результаты. В умении связывать эти составные элементы, планировать и контролировать ход научного исследования и сказывается талант и подготовленность уче-

ного. Как в выборе целей, так и в поисках методов и средств их достижения он не может не исходить из результатов, достигнутых предшествующими поколениями исследователей. Ему необходимо знать требования, предъявляемые к научно-исследовательскому труду и его результатам. Эти требования выработаны и осознаны в истории науки, в них аккумулирован колоссальный труд многих поколений ученых, вокруг них велась и ведется сложная идейно-теоретическая борьба. Игнорирование этих требований или произвольное обращение с ними нередко приводит к растрате сил и времени и даже к серьезным неудачам. Предшествующее развитие науки задает уровень, на котором включаются в научно-исследовательскую деятельность последующие поколения ученых.

Указанные обстоятельства особенно важными становятся в наши дни. В развитии современной науки происходят большие изменения: усложняется характер проблем, средств и методов познания; возникают разнообразные способы кооперирования труда ученых, работающих в различных науках, обмена знаниями и опытом внутри научных коллективов; изменяются связи науки с производством и с другими областями общественной деятельности людей, быстро возрастает количество научных публикаций, требующих изучения и анализа и т. д. Все это ведет к существенным изменениям в характере познавательной деятельности исследователей. При решении многих проблем приходится использовать самые различные,

нередко новые методы и средства познания, большой объем знаний. Совершенно необходимым становится строгий контроль исследователя за своими познавательными действиями, согласование результатов, получаемых при помощи различных методов познания, особенно в таких науках, как физика, химия, биология, социология. Ученый не может ограничиться только собственным опытом или интуицией. Он по необходимости обращается в таких случаях к теории познания, в особенности к той ее части, которая специально изучает познавательную деятельность ученых,— к методологии науки. Поэтому логико-методологические исследования превращаются во все более важную отрасль разделения труда в науке.

Изменения в познавательной деятельности ученых становятся вместе с тем одним из важнейших источников и стимулов прогресса науки. Они связаны прежде всего с разработкой новых, преобразующих науку методов и средств познания. Их открывают, разрабатывают и обосновывают сами ученые, в чем проявляются их подготовленность, творческие дарования, мастерство. Можно, конечно, говорить о той или иной степени случайности в так называемых эмпирических открытиях. Но методы и средства познания исследователи ищут, открывают и обосновывают целенаправленно. Исходным пунктом таких достижений чаще всего бывает критическое изучение самой познавательной деятельности, методов и средств, используемых в научном исследовании.

От такого изучения во многом зависит прогнозирование развития науки, становящееся все более необходимым условием научно-технического прогресса. Сейчас еще не существует какой-либо теории, исходя из которой можно было бы достаточно строго предвидеть перспективы развития науки. Поэтому большое значение имеют прогнозы, основанные на знаниях, опыте и интуиции самих исследователей.

В настоящее время профессия исследователя становится такой же массовой и необходимой, как профессия учителя или врача. Заинтересованность общества в прогрессе науки порождает интерес и к профессии исследователя. Существует немало предрассудков о науке и о работе ученых. То их окружают ореолом «делателей чудес», которым все понятно и доступно, то представляют интеллектуалами, занятыми изобретением правил далекой от людских забот «игры в бисер»... Обе эти крайности возникают на одной и той же основе — незнании сложного и тяжелого труда исследователей. Изучение познавательной деятельности в науке поможет преодолеть эти предрассудки, и привлечь внимание талантливой молодежи к профессии ученого. Вместе с ростом авторитета науки изменяется и роль ученого в решении общественных дел. Его привлекают в качестве эксперта по самым различным и сложным социальным проблемам, его заключения чаще всего необходимы и почти всегда имеют тот или иной общественный резонанс. Кто же он такой, ученый? Какие нравственные установ-

ки формирует у него сама научно-исследовательская деятельность и каким образом эти установки согласуются с теми или иными социальными доктринами и социальными условиями? Могут ли ученые предотвратить использование научно-технических достижений в военных целях или для обогащения монополий? Каким образом с наукой и научно-исследовательской деятельностью связаны гуманистические идеалы социализма? При ответе на эти вопросы нельзя игнорировать мировоззрение и нравственные установки ученых, с которыми во многом связана оценка личности исследователя. Но такая оценка не может быть оторвана от особенностей и характера профессиональной деятельности ученого.

Наконец, еще одна сторона дела — повышение эффективности научно-исследовательского труда. Несомненно, что на рост эффективности науки влияет увеличение количества научных работников. Но это не единственный источник возрастания эффективности работы научных коллективов. Еще более важно совершенствование профессиональной подготовленности научных работников, поиски более гибких форм организации научного труда, способствующих кооперированию усилий и развитию творческого соревнования в науке. В резолюции, принятой XXIV съездом КПСС, ставится следующая важная цель: «Необходимо всемерно повышать эффективность работы институтов, кафедр и лабораторий, добиваться создания в каждом научном коллективе подлинно творческой

обстановки, атмосферы плодотворных дискуссий, взаимной требовательности ученых»[1]. Решение этих вопросов также требует изучения тенденций и особенностей развития современной науки, характера познавательной деятельности в науке.

Исходным пунктом для такого изучения должен быть анализ следующих вопросов: во-первых, частью какого, более сложного процесса является деятельность исследователей; во-вторых, чем она отличается от других видов познавательной деятельности; в-третьих, какие зависимости складываются между нею и другими составными частями науки, а также в самом научном исследовании между познавательными задачами, методами их решения и другими элементами, из которых складывается научное исследование. Этот анализ поможет преодолеть недостатки в планировании научно-исследовательских работ, в выработке наиболее эффективных критериев оценки труда ученых, в подготовке научных кадров. Он будет способствовать также развитию исследований по методологии науки.

Предлагаемый в книге подход не заменяет и не отвергает другие подходы, существующие в литературе. Мы имеем дело с очень сложным предметом; здесь необходимо кооперирование усилий многих специалистов. Плодотворность того или иного подхода нелегко обнаружить сразу; нужны дальнейшие исследования.

Глава I

Наука в современном мире

I. Несколько замечаний о характере и последствиях современной научно-технической революции

В настоящей работе нет возможности специально исследовать процесс современной научно-технической революции. Отметим лишь, что наука является не только существенной частью, но и исходной предпосылкой этого процесса.

Первая промышленная революция утвердила фабрично-заводское производство. На смену ранее господствовавшим ремесленным орудиям труда пришла машина и система машин. Если раньше человек, использующий ремесленные орудия, являлся источником «двигательной энергии» и выполнял все операции по изменению предмета труда, то теперь его заменяют технические сооружения. Функции, которые ранее принадлежали только человеку, и даже не мыслились без него, стали выполнять машины.

Это было огромным прогрессом, причем не только в развитии средств труда. Промы-

шленная революция XVIII—XIX вв. привела к глубоким изменениям в организации, характере и условиях труда, в технологии производства, в подготовке рабочей силы и в конечном счете во всей системе товарно-денежных отношений. Возникла совершенно новая классовая структура общества, сложился пролетариат и специфические формы его организованной классовой борьбы.

Первая промышленная революция стимулировала развитие науки. Результаты исследований в физике, механике, химии, математике и других науках начали все более широко использоваться в конструировании и совершенствовании машин, в технологии производственных процессов. Эта революция впервые показала и утвердила совершенно новую социальную функцию науки, превратив ее, как отмечал К. Маркс, в непосредственную производительную силу общества. «В качестве машины,— писал Маркс,— средство труда приобретает такую материальную форму существования, которая обусловливает замену человеческой силы силами природы и эмпирических рутинных приемов — сознательным применением естествознания» [1].

Однако в течение длительного времени продолжали играть большую роль опыт и знания, получаемые огромной массой людей независимо от науки. Навыки, личные способности и физические силы отдельного человека оставались еще важным фактором производственного процесса. Развитие производительности труда во многом ограничивалось, с одной стороны, физиологическими

свойствами человека, с другой — характером связи отдельных машин в создании конечного продукта. Каждая машина была приспособлена к самостоятельному выполнению отдельных функций в обработке предметов труда. Все это мешало развитию непрерывных производственно-технических процессов, массовости, точности, а во многом и ритмичности производства.

Современная научно-техническая революция ведет к принципиальным изменениям в материальном производстве: совершается переход от системы, состоящей из отдельных машин, к автоматизации производственно-технических процессов. Уже в наши дни на основе автоматизации отдельных участков производства начинают создаваться комплексные автоматизированные системы.

В настоящее время нелегко оценить и предвидеть все социальные последствия изменений, вызываемых научно-технической революцией. Трудно планировать научные открытия, но еще труднее предвидеть их социальные и научные последствия. Многие открытия приводят к неожиданным социальным ситуациям и последствиям. Достаточно напомнить о двух таких открытиях — создании атомного оружия и электронно-вычислительных машин (ЭВМ). И все же можно сделать некоторые выводы о перспективах и направлениях научно-технического прогресса.

1) Автоматические системы совершенно изменяют характер труда людей в материальном производстве и в других сферах общественной жизни. Непосредственные тру-

довые усилия человека заменяются техническими средствами. Функции управления и контроля в автоматических системах тоже передаются машинам. Человек осуществляет наблюдение за функционированием этих систем. Такой труд требует не только очень высокой квалификации, но и большого объема научно-технических знаний. Автоматизированное производство приведет, по-видимому, к новым формам разделения труда не только в материальном производстве, но и в обществе в целом. Так, во многих социальных сферах возможности приложения опыта и знаний, полученных независимо от науки, быстро сужаются. Можно предположить, что это следствие научно-технической революции будет самым сложным и драматичным. Оно потребует принципиального изменения не только характера, но и масштабов научной подготовки людей. Человеку трудно будет включаться в общественно полезный труд, не усваивая во все возрастающем объеме разнообразные научно-технические знания.

2) Прогресс в материальном производстве и в других сферах общественной жизни непосредственно связан с наукой. Наука становится средством многих глубоких преобразований, источником промышленной и военной мощи, «знаменем национального престижа», ее ничем теперь заменить нельзя.

Планы технико-экономических или социальных изменений помимо науки и независимо от нее неизбежно обрекают общество на отставание, ведут к непроизводительному использованию времени и энергии людей.

В настоящее время независимо от науки можно создавать только примитивные средства труда. Конструирование, создание и использование современных машин основывается на научных знаниях, причем объем привлекаемых знаний все время увеличивается, а характер оперирования ими усложняется. Какое бы направление технического развития мы ни взяли — электрификацию и химизацию народного хозяйства, механизацию производственных процессов, внедрение новых прогрессивных технологических процессов, освоение производства нового оборудования,— в основе любого из них лежит комплекс наук. Автоматизация и использование систем автоматического управления, например, совершенно невозможны без теории информации, теории систем, кибернетики и т. д. Огромные достижения ракетной техники связаны с научными исследованиями и важными открытиями в радиоэлектронике, кибернетике, в изучении космоса и т. д.

Экономический потенциал промышленно развитых стран определяется теперь прежде всего объемом научных исследований и эффективностью использования достижений науки в различных сферах материального производства. Именно поэтому Программа КПСС, принятая на XXII съезде, прямо связывает создание материально-технической базы коммунизма с развитием научных исследований в нашей стране. От технической оснащенности труда зависит выработка продукции, приходящейся на одного работника. Развитие современной техники открывает

здесь большие возможности. Увеличение количества эффективно используемого оборудования повышает долю овеществленного и снижает долю живого труда в производстве. Особенно важную роль играют открытие и практическое использование новых источников энергии, новой технологии производства. Наука лежит в основе создания современных видов оружия защиты и нападения. С развитием науки непосредственно связан военный потенциал любой страны.

Научно-техническая революция требует планового внедрения новой техники и технологии производства в масштабах всего общества. Дело не только в необходимости согласовывания работы автоматизированных участков производства с процессами труда на отдельных машинах. Технический прогресс вызывает ряд социальных последствий. Возьмем, например, перераспределение рабочей силы в общественном процессе производства. Технико-экономическое развитие позволяет высвободить определенное количество работников из сферы материального производства и использовать их в других сферах, и прежде всего в области обслуживания культурно-бытовых потребностей общества. Этим процессом необходимо управлять, и в основе такого управления должны лежать научные методы планирования и прогнозирования технических и социальных изменений.

3) Научно-техническая революция совершается как в капиталистических, так и в социалистических странах. Различие общественно-экономических условий существенным

образом сказывается на отношении к науке, на практическом использовании научных и технических достижений.

В условиях частнокапиталистической и государственно-монополистической собственности интересы господствующих социальных групп нередко вступают в непримиримое противоречие с методами науки. Вот почему вместо глубокого изучения социально-экономических процессов, возникающих под воздействием научно-технической революции, ученых заставляют искать пути сохранения классовых привилегий. Использование науки в условиях капитализма неизбежно ограничивается теми рамками, в пределах которых эти привилегии не ставятся под сомнение.

Как известно, экономическая эффективность техники не всегда непосредственно совпадает с прогрессом социальных отношений и тем более с интересами социального развития трудящихся. Собственники средств производства не могут отвлечься от интересов получения прибылей. Все технические изменения в условиях капитализма оцениваются прежде всего с этой точки зрения. Такой подход неизбежно сказывается и на внедрении автоматизированных систем производства. Рабочие рассматриваются только как придаток этих систем; все другие аспекты мало интересуют представителей капиталистического бизнеса. Поэтому «наука,— подчеркивал К. Маркс,— выступает как *чуждая, враждебная* труду, господствующая над ним *сила*...» [2]. Она используется не только

как источник технического прогресса, но и как средство давления на рабочую силу.

Такие социальные препятствия развитию и практическому использованию науки в управлении различными социальными процессами устраняются в условиях социализма. Социалистическое общество обладает огромными преимуществами в планировании и прогнозировании социальных изменений; оно в состоянии избежать нежелательные и непредвиденные процессы, получать планируемые результаты при наименьших затратах материальных средств, человеческого труда и времени.

В социалистическом обществе изменяется социальная функция науки. Здесь отсутствуют социальные группы, интересы которых несовместимы с научным управлением обществом. Не менее важно и другое: наука перестает быть средством экономического давления на рабочую силу, средством эксплуатации, она становится необходимой предпосылкой социального развития трудящихся масс. Это сказывается на масштабах распространения научных знаний, на планировании и использовании новой техники, в том числе и автоматических линий производства. Капиталистическому использованию рабочей силы социализм противопоставляет другую цель: рабочий должен подняться до уровня инженерно-технической интеллигенции, овладеть научными методами работы. В этой цели, несомненно, видны гуманистические идеалы социализма. Но сама она возникает на более глубокой основе: социализм

открывает новые невиданные ранее источники социального прогресса. Мало, однако, осознать особенности и преимущества социалистического общества, необходимо научиться использовать их, планировать и прогнозировать общественный прогресс в условиях научно-технической революции. Именно поэтому социалистическое общество нуждается в развитии науки, в углублении и расширении социальных исследований. Учет и изучение социальных последствий принимаемых решений становится принципиально важной предпосылкой управления общественной жизнью. В этом отношении социализм обладает большими преимуществами и возможностями по сравнению с капитализмом. Социалистическое общество создает все условия для того, чтобы наука, говоря словами В. И. Ленина, «входила в плоть и кровь, превращалась в составной элемент быта вполне и настоящим образом» [3].

4) Современная научно-техническая революция требует тщательного изучения и учета последствий воздействия человека на окружающую природу. Длительное время люди не обращали внимания на такие последствия. Природа рассматривалась как неистощимый источник разнообразных богатств. Из ее кладовой брали, никогда не считая и ничего не возвращая. Однако уже и ранее людям приходилось расплачиваться за бесконтрольное обращение с окружающей природой. Завоевательные походы Древнего Рима во многом способствовали превращению плодородной почвы Сахары в пустыню.

Веками пасли коз на склонах гор в Греции, не думая о том, к чему это приведет. В итоге богатые разнообразной растительностью склоны постепенно опустели, исчез лесной покров. Колоссальные ирригационные сооружения во многих районах Индии и других стран Азии постепенно превращали плодородные территории в болота; засоление почвы делало многие участки земли бесплодной пустыней.

Однако вплоть до начала первой промышленной революции воздействие человека на окружающую природу было сравнительно ограниченным. Технические изобретения того времени не разрушали сложившихся в природе процессов. Зато эпоха первоначального накопления ознаменовалась расхищением и уничтожением огромных богатств природы. Были совсем истреблены многие виды полезных животных, истощались почвы на больших территориях. «Брать у природы все, ничего не возвращая» — эта установка характерна не только для эпохи первоначального накопления. Она и до сих пор во многом определяет отношение частных собственников средств производства к природе.

Последствия неконтролируемых воздействий на природу в условиях теперешней научно-технической революции могут стать непоправимо тяжелыми. Современные машины колоссально расширяют власть человека над природой. Возможности разграбления природных богатств все время увеличиваются. Катастрофически быстро растет загрязнение атмосферы земного шара радиоактивными

и другими отходами производства. В почве происходят многообразные изменения под воздействием химических удобрений.

Все это может привести к непредвиденным результатам и отрицательно сказаться на жизни многих поколений людей. Поэтому современные научно-технические изобретения нельзя оценивать только по тому, насколько они облегчают труд людей (хотя это очень важно!) или увеличивают богатство. Сейчас необходимо оценивать такие изобретения с более широкой точки зрения: к каким изменениям и последствиям во всем сложном комплексе связей и зависимостей, сложившихся в природе, они могут привести. Теперь мы знаем об этих связях и зависимостях значительно больше, чем раньше. Их изучение становится одной из самых важных проблем, стоящих перед наукой. По-видимому, все науки в конечном счете имеют дело с этой проблемой и должны принять участие в ее решении. Она занимает все большее место в международном сотрудничестве ученых разных стран.

2. Темпы развития современной науки

Характерной особенностью современной науки являются высокие темпы ее развития. Их изучение — задача достаточно трудная. Во многих странах пока еще нет хорошо организованного статистического учета. Значительная часть исследований проводится

секретно. Существуют и теоретические трудности, так как пока еще не выработаны однозначные критерии, согласно которым можно объективно судить о темпах развития науки. Тем не менее в науковедении выделен ряд существенных показателей, позволяющих анализировать этот процесс. Укажем основные из них: 1. Расходы на развитие науки. 2. Объем научных исследований. 3. Количество научных работников. 4. Количество сделанных и используемых научных открытий; возрастание объема информации за тот или иной промежуток времени. Каждый показатель в отдельности и в особенности все они, вместе взятые, указывают на огромный рост темпов развития науки.

Расходы на развитие науки колоссально возросли за последние 40—50 лет и, по-видимому, будут увеличиваться во все больших размерах. Так, за период с 1939 г. они примерно в 3 раза превысили все затраты на науку в течение всей предшествующей истории человеческого общества[4]. В индустриально развитых странах на финансирование науки, даже по скромным подсчетам, затрачивается теперь от 2 до 4% совокупного национального дохода.

В СССР затраты на развитие науки также непрерывно возрастают. Наука в СССР развивается в два-три раза быстрее, чем промышленность.

Быстро растет объем научных исследований; увеличение количества решаемых проблем и усложнение их характера неизбежно ведет к расширению научно-исследователь-

ских работ. Речь при этом идет не только о новых проблемах, но и о возникновении новых наук: биохимии, биофизики, математической лингвистики, кибернетики, бионики и т. д.

Увеличивается потребность в научных кадрах. Количество ученых в мире ныне превышает 3 млн. человек. «Общая численность людей, работающих в науке (включая научно-вспомогательный и обслуживающий персонал, работников экспериментальных баз и т. д.), еще в три-четыре раза выше. В развитых в научно-техническом отношении странах на каждые 100 человек, занятых в промышленности, приходится 2—3 научно-исследовательских работника»[5]. В СССР в настоящее время около 930 тыс. научных работников; это, примерно, одна четвертая часть научных работников всего мира.

Постоянно множится количество научных открытий. По приблизительным подсчетам, объем научной информации удваивается в течение каждых 15 лет. В современной науке, по сравнению с наукой XIX в., сокращается время между формулировкой научно-технических проблем и их практическим решением. Вот несколько примеров. Возможность создания телефона была обоснована в 1820 г., а реализована через 56 лет. Для создания радио потребовалось уже 35 лет, радарных установок — 15, телевизора — 14, лазера — 9, атомной бомбы — 6, транзистора — 5 лет. И это при условии, что многие из этих проблем значительно сложнее тех, кото-

рые решались в XIX в. «Характерной и весьма существенной чертой развития науки в XX в. является то обстоятельство, что удвоение количества новых научных результатов сопровождается восьмикратным ростом объема научной информации, шестнадцатикратным увеличением численности ученых и более чем тридцатикратным ростом ассигнований на научные исследования и опытно-конструкторские работы» [6].

Рост темпов развития науки становится важным фактором социального прогресса. «Любая страна, не принимающая участия хотя бы в отдельных областях современных научных исследований, оказывается в стороне от основного направления, по которому развивается общество, что вызывает весьма серьезные последствия в отношении ее интеллектуальной жизни и экономической мощи» [7]. Поэтому все большее количество научно-исследовательского труда сосредоточивается на решении технико-экономических и социальных задач. Вместе с ростом темпов развития науки происходят глубокие изменения в самой научно-исследовательской деятельности. Колоссальное увеличение информации выдвигает немало трудностей, связанных с ее учетом, хранением, анализом и эффективным использованием в научно-исследовательской работе. Нередко на поиски информации об уже найденных и предлагаемых решениях проблем уходит большое количество времени и сил отдельных ученых и научных коллективов. Возникновение новой научной проблематики, формирование

новых наук требует пересмотра и переоценки сложившихся теоретических представлений, разработанных методов и существующих средств познания. В науке все чаще возникают «неожиданные ситуации» и непредвиденные «точки роста».

3. Потенциал науки

Возможности науки ставить и решать проблемы во многом зависят от общественных запросов и потребностей, от интересов тех или иных социальных групп, от состояния классовой борьбы и других социальных факторов. Этим же определяется выделение средств на научные исследования и общественная оценка результатов деятельности ученых. Однако, какую бы важную роль ни играла «общественная атмосфера», складывающаяся вокруг науки, ее возможности существенно зависят от особенностей самой науки, от состояния и уровня ее развития. Внимание науковедов, историков науки, философов, экономистов, социологов направлено на выделение и изучение и этих факторов. Понятие «потенциал науки» и обозначает те параметры, которые характеризуют и определяют собственные возможности науки.

Существуют различные подходы к пониманию, а следовательно, и к изучению научного потенциала как в нашей, так и в зарубежной литературе. Это связано с теоретическим пониманием строения науки и ее

отдельных сторон, с трудностями их количественной оценки.

В книге «Потенциал науки» коллектив авторов под руководством Г. М. Доброва выделяет такие параметры научного потенциала, которые «поддаются количественному анализу и допускают широкие систематические сравнения»[8]. В комплекс параметров, характеризующих возможность науки решать будущие проблемы научно-технического развития, здесь включаются «четыре основные группы конкретных параметров»[9]:

1) обеспеченность кадрами: общая численность, квалификационный состав, возрастная структура, наличие ресурсов и резервов научных кадров;

2) научно-информационная обеспеченность: наличие «задела» собственных научных идей и оригинальных методик, информированность о мировом опыте;

3) материально-техническая обеспеченность: финансовая обеспеченность науки, наличие научного оборудования, инструментария и экспериментальной базы соответствующего класса, достигнутый технический уровень и возможности индустрии;

4) оптимальность организации научной системы: стратегические принципы развития науки (критерии выбора направлений); учет факторов, препятствующих потере научного потенциала.

Все это — существенные характеристики потенциала науки. Наряду с ними имеются и другие факторы, в настоящее время не поддающиеся точному измерению, но оказываю-

щие существенное влияние на возможности науки ставить и решать проблемы. Сюда относится прежде всего экспериментальная, теоретическая, философско-методологическая и математическая подготовленность научных работников. Она оказывает большое влияние на умение критически анализировать сложившиеся системы знаний, выделять и формулировать научные проблемы, на поиск и разработку методов и средств их решения, на применение методов логического обоснования и эмпирической проверки предлагаемых гипотез или технических решений. Профессиональная подготовка — важная предпосылка накопления опыта научно-исследовательской деятельности. Усвоение и эффективное использование готовых знаний и решений часто требует высокого профессионального уровня научных работников. Однако значительно более глубокая подготовленность требуется для активной работы «на переднем крае науки», где формулируются и решаются новые проблемы, где атмосфера поисков и творчества новых идей носит во многом иной характер.

На потенциал науки оказывает влияние ряд изменений, совершающихся в ходе развития современной науки. В их выделении и изучении также пока еще невозможно использовать методы измерения. Но их необходимо изучать, учитывать, сознательно использовать в подготовке научных работников, в планировании научно-технических работ, в прогнозировании развития науки и техники.

4. Почему необходимо управлять развитием науки?

Ни одно общество не будет бесконтрольно затрачивать на науку большие средства; поэтому, естественно, возникает вопрос о ее социальной ориентации. Во всех странах науку стремятся привлекать к решению наиболее важных и острых социальных задач. От ученых требуют, чтобы они эти задачи формулировали в виде научных проблем и давали бы им решение средствами и методами науки. От чего зависит активное участие ученых в решении социальных задач? При каких условиях наука может давать обществу больше, чем в настоящее время? Каким образом учитывать и контролировать эффективность затрат на научные исследования? Подобные вопросы связаны в конечном счете с сознательным использованием науки для тех или иных целей. Именно поэтому она становится объектом не только изучения, но и управления. Науковедение складывается в настоящее время прежде всего под воздействием этой социальной задачи.

Есть и другие причины, заставляющие активно искать пути и методы управления развитием современной науки. Здесь в первую очередь необходимо отметить относительную самостоятельность многих изменений внутри самой науки. Умение управлять ее развити-

ем и практически использовать ее достижения во многом зависит от знания и учета этих изменений. Наука является очень сложной системой; без знания ее строения и зависимостей между отдельными элементами нельзя эффективно воздействовать как на отдельные элементы, так и на всю систему в целом.

Управление такими системами, как наука, основывается на планировании и прогнозировании. Но именно здесь мы сталкиваемся с очень трудной и важной проблемой: что можно в науке планировать, а что планированию не поддается. Среди части ученых до сих пор не исчезли предубеждения относительно возможностей управления наукой. Можно понять эти предубеждения. Иногда управление превращается в неквалифицированное вмешательство, тормозящее развитие науки; еще чаще под предлогом управления капиталистическое государство и монополии навязывают науке милитаристские цели. Но дело не только в этом.

В наше время на смену отдельным ученым или небольшим легко управляемым группам людей во многих отраслях исследований приходят большие научные коллективы. Даже хорошо подготовленному ученому нелегко найти свое место в таких коллективах. В сознании многих исследователей живы еще традиции науки предшествующей эпохи, когда можно было, опираясь на небольшую группу помощников, делать великие открытия. Теперь «от ученых требуется, чтобы они работали как члены единой

«команды»... При этом они играют только скромную роль во всем огромном предприятии, сам характер которого часто требует суровой дисциплины, напряженного труда, быстрых и четких действий и точного следования предопределенному распорядку дня» [10]. Научного работника в таких коллективах нередко вынуждают надолго отказаться от его собственных творческих планов и наклонностей. Поэтому некоторые ученые опасаются, что подобное ограничение творческой индивидуальности снижает эффективность и привлекательность научно-исследовательского труда. В больших научных коллективах наряду с талантливыми искателями все большую роль играют простые исполнители «частичных операций». Управление наукой поэтому неизбежно превращается в поиски способов развития эффективного использования творческой индивидуальности, наклонностей и опыта отдельных ученых.

В развитии науки и в планировании научно-исследовательского труда очень важную роль играет осознание и формулирование научной проблемы. Поддается ли планированию и управлению эта важная часть познавательной деятельности исследователя? Можно ли в управлении наукой исходить из требования: в такое-то время выделить и решить такое-то количество новых важных научных проблем? Разумеется, нет. Или другой пример: можно ли планировать научные открытия? По-видимому, тоже нет. А между тем именно в постановке научных проблем

и в научных открытиях происходит самое большое «приращение знаний». К тому же не всегда легко осознать, а тем более предсказать их влияние на последующее развитие науки. Так было, например, с квантовой гипотезой М. Планка и с теорией относительности А. Эйнштейна. В начале XX в. было неясно, какое влияние они окажут на развитие научных исследований и идей в последующую эпоху. Мы только теперь осознаем масштабы и характер такого влияния.

Поэтому управление развитием современной науки требует тщательного и всестороннего ее изучения. Управление, не основанное на таком изучении, может приводить к столь же нежелательным последствиям, как и стихийное развитие науки.

Возьмем, например, распределение средств между различными направлениями научных исследований. Для этих целей надо изучать состояние науки, учитывать перспективы ее развития, выбирать наиболее плодотворные направления и методы решения проблем. Иногда может казаться целесообразным направить основную массу средств на прикладные исследования и разработки. Однако это неизбежно приведет в конечном счете к сужению «поискового задела», который создается прежде всего фундаментальными и целенаправленными теоретическими исследованиями. Могут возникнуть также большие трудности в освоении новых областей науки, в подготовке научных работников, потеря инициативы и другие нежела-

тельные последствия. Затраты на одни и те же результаты в итоге могут возрастать, а некоторые потери можно в той или иной степени компенсировать только в течение длительного времени. Всякое переключение научных коллективов и отдельных ученых с одних проблем на другие неизбежно связано с дополнительными затратами времени и средств; каждый раз заново приходится изучать характер проблем и конкретные возможности их решения. Поэтому разумное использование средств на различные направления научных исследований становится исключительно важной социальной и научной проблемой.

Не меньшие трудности возникают и при координации научно-исследовательских работ. Быстрый рост количества научных работников и научных коллективов сам по себе еще не является достаточной гарантией успехов в науке. Важно научиться управлять этими коллективами. Всякое бесконтрольное или неоправданное дублирование научных исследований ведет к увеличению затрат на получение одних и тех же результатов. Исключительно важную роль приобретает изучение складывающегося в современной науке разделения труда. Большие трудности возникают в управлении научными коллективами, которые создаются для решения так называемых комплексных проблем (освоение космоса, управление социальными процессами и т. д.). Эффективное сотрудничество представителей различных наук не может осуществляться только на основе опыта, ини-

циативы и фантазии отдельных ученых или администраторов. Формулирование конкретных задач перед учеными, работающими в различных науках, и согласование их действий и получаемых результатов нуждается каждый раз в обосновании. Нередко для этого приходится проводить анализ методов и средств познания, используемых в отдельных науках, эмпирических и теоретических знаний, привлекаемых для решения проблемы, изучение различных факторов, способствующих или затрудняющих решение. Работа по руководству научными коллективами превращается в своеобразное научное исследование.

Наконец, необходимо отметить еще одно очень важное изменение — новое отношение между естественно-техническими и социально-гуманитарными науками. Уже теперь видны глубокие последствия этих изменений. В изучении социальных процессов исследователи все чаще обращаются к достижениям естественных наук. Археологи используют различные физические методы определения «возраста» тех или иных памятников исторического прошлого. Историкам требуется большой объем знаний из области психологии, криминалистики, истории естествознания и техники и т. д. В современной науке, в том числе общественной, делаются открытия и возникают новые отрасли знаний на пересечении весьма далеких друг от друга наук, например на пересечении естествознания и техники с гуманитарными отраслями знания. Так произошло соединение матема-

тики с экономикой, учения о работе механизмов и машин с психологией, исследований производства и быта с эстетикой и т. д. Складываются такие новые науки, как бионика, инженерная психология, эконометрика, математическая лингвистика и т. д. Кибернетика широко привлекается к изучению социальных процессов. Методы точных и естественных наук проникают в общественные науки, способствуя их развитию.

Решение многих проблем в естественных и особенно в технических науках предполагает глубокие знания в области социально-гуманитарных наук. Разработка и совершенствование электронно-вычислительных машин, например, нуждаются не только в интенсивном развитии нейрофизиологии, но и психологии, эвристики и эвристического программирования.

Естественные и технические науки все более широко привлекаются к непосредственному участию в разработке научно обоснованных прогнозов развития общества. Изучение направлений научно-технического прогресса, выбор проблем, решение которых важно и целесообразно в первую очередь, анализ тех или иных конструктивных решений в области совершенствования средств труда, условий быта, градостроительства и т. д.— эти проблемы естественных и технических наук становятся социальными проблемами. Последствия принятия тех или иных решений неизбежно будут испытывать все люди в обществе. Любая машина задает

сложный комплекс условий ее практического использования. Ученый и инженер должны считаться с этим. Они принимают на себя ответственность за предлагаемые решения и за их разнообразные социальные последствия — экономические, социально-психологические, культурные, эстетические и т. д. Изучение, учет и планирование разнообразных социальных последствий современной научно-технической революции становятся все более необходимой предпосылкой исследовательской деятельности биологов, химиков, физиков, техников и т. д. Именно поэтому изменяются требования к социально-гуманитарным исследованиям. Знания, доказательства, предложения должны быть в этих науках не менее точными, строгими, конкретными, чем в естественно-технических науках.

Эти изменения, совершающиеся внутри самой науки, заставляют исследователей изучать свою собственную познавательную деятельность и ее результаты. Планирование и прогнозирование научно-исследовательских работ и развития науки в целом становятся все более важной частью деятельности самих ученых. Этим целям служат даже специально разработанные методы. Таков, например, метод Дельфы *. Этот метод основан на использовании и анализе знаний самих ученых.

---

* Дельфы — древнегреческий город, в котором по преданию в течение нескольких веков существовал знаменитый оракул.

Они рассматриваются как высококвалифицированные эксперты, которые должны давать заключения или ответы на предлагаемые вопросы. Исследователи вынуждены анализировать не только теперешнее состояние науки, но и ее возможные изменения под воздействием уже используемых или только разрабатываемых средств познания; приходится прогнозировать возможные новые объекты познания и т. п. «Выяснение мнений каждого из экспертов и последующий анализ каждым участником всей совокупности причин, представленных отдельными экспертами, стимулируют опрашиваемых к учету тех соображений, которыми они могли, хотя бы и неумышленно, пренебречь, а также к учету факторов, которые они с первого взгляда были склонны опустить как незначительные» [11]. Ученые не могут рассматривать науку только как сферу приложения своих сил, опыта, таланта. От них требуется изучение самой этой сферы и изменений, которые в ней происходят.

Разработка эффективных методов управления развитием науки — научная и социальная проблема. В истории советской науки накоплен большой опыт управления многими сторонами развития научно-исследовательских работ. Этот опыт — от разработки и осуществления ГОЭЛРО до современного управления и прогнозирования — научил многому. Планирование, таким образом, необходимая предпосылка развития науки. «Формализм, некомпетентное администрирование, жесткая

регламентация жизнедеятельности науки, с одной стороны, и самотек в научной жизни, с другой, одинаково вредны» [12].

Мы подошли к вопросу: что же такое наука и, следовательно, частью какого более сложного процесса является познавательная деятельность исследователей?

Глава II

Стихийно-эмпирический и научный процессы познания

1. Различные подходы к проблеме

Несомненно, выделение, изучение и логическое определение науки связано с большими трудностями. Наука в ходе исторического развития существенно изменилась; в основе этого социального явления лежит один из самых сложных видов человеческой деятельности — познавательная деятельность ученых. Немалые трудности возникают при изучении социальной функции науки и т. д. Эти трудности кажутся непреодолимыми для некоторых исследователей. Так, Джон Бернал, один из основателей науки о науке, считает, что «дать определение науки, по существу, невозможно» [1] и бесполезно. Возражая своим оппонентам, Бернал в книге «Наука в истории общества» дает вместо определения «пространное и развернутое описание» науки. Он пишет, что наука может рассматриваться: 1) как институт; 2) как метод; 3) как накопление традиций знаний; 4) как

важный фактор поддержания и развития производства; 5) как один из наиболее сильных факторов, формирующих убеждения и отношения к миру и человеку[2]. Иногда науку определяют как особым образом натренированный и организованный рассудок[3]. В некоторых работах А. Эйнштейн характеризует науку как «усовершенствование повседневного мышления»[4].

В советской философской литературе существует несколько подходов. Наиболее распространено понимание науки как особой системы знаний об окружающем мире. М. М. Карпов в книге «Основные закономерности развития естествознания» определяет науку следующим образом: *«Наука есть исторически развивающаяся система достоверных, логически непротиворечивых знаний о законах природы, общества и мышления»*[5]. В. В. Косолапов в книге «Информационно-логический анализ научного исследования» пишет: «...наука — это исторически сложившаяся и непрерывно развивающаяся логическая система знаний человека об окружающей его действительности, истинность которых проверяется и доказывается общественной практикой»[6]. А. И. Ракитов: «Наука представляет собой систему предложений, являющихся логической фиксацией знаний о связях, отношениях и свойствах изучаемых объектов. В соответствии с функциональной ролью, выполняемой отдельными предложениями, они могут объединяться в особые группы, образующие компоненты состава науки»[7].

Некоторые ученые рассматривают науку как особую форму деятельности людей. Например, М. Г. Ярошевский определяет науку как «общественно-историческую форму деятельности, развивающуюся по объективным законам» [8]. Оба указанных подхода широко представлены, например, в материалах новосибирского Симпозиума по проблемам исследования структуры науки [9].

В данном случае мы имеем дело не только с терминологическими различиями. В приведенных определениях получает выражение теоретическое понимание науки как объекта изучения. Нельзя согласиться с Дж. Берналом, будто определения сложных объектов бесполезны. Напротив, чем сложнее объект, тем важнее роль таких определений. Их отсутствие может привести к терминологическим неясностям, к произвольному обращению с изучаемым объектом. От того или иного теоретического понимания науки существенным образом зависит подход ко многим вопросам ее возникновения и развития. Возьмем, например, вопрос о времени возникновения науки. Если ее рассматривать только как особую — духовную — сторону человеческого труда, то происхождение науки приходится датировать эпохой выделения человека из животного царства. Такой точки зрения придерживается В. Я. Ельмеев [10]. В этом случае наука превращается в единственную форму процесса познания в обществе, а познавательная деятельность, возникающая вместе с процессом труда, отождествляется с познавательной деятельностью в науке.

Если же рассматривать науку как особую систему знаний, то происхождение науки необходимо датировать тем временем, когда такие системы знаний разрабатываются.

С определением науки связано также понимание причин и стимулов ее развития. Наука взаимодействует со многими другими общественными явлениями, и эти взаимодействия нельзя отождествлять с исторически складывающимися взаимодействиями тех или иных элементов внутри самой науки. Иначе неизбежно произойдет смешение «внутренних» и «внешних» стимулов и причин, обусловливающих прогресс науки.

Несомненно, что различные определения выражают не только теоретические подходы к изучению науки. Они показывают также, насколько мы продвинулись в выделении и изучении фактов об этом объекте и в какой мере созданы предпосылки для построения цельной теории, позволяющей с единой точки зрения изучать как современное состояние науки, так и ее историю.

Мы рассматриваем науку как особый процесс познания. Ее нельзя отождествлять ни с системами знаний, ни с познавательной деятельностью: и то и другое лишь элементы научного процесса познания. Наука, или научный процесс познания, должна быть дифференцирована на конкретные или специфические элементы, которые находятся в закономерной зависимости друг от друга. Каждый из составных элементов науки, в свою очередь, обладает сложным строением и может быть объектом изучения.

2. Процесс труда и познавательная деятельность людей

Познавательная деятельность возникает вместе с процессом труда и на его основе. В настоящей работе мы не будем рассматривать историю ее формирования. Это самостоятельная проблема. Мы затронем ее лишь настолько, насколько это необходимо для изучения строения процесса познания в целом.

Необходимо прежде всего выделить цели и результаты, характеризующие познавательную деятельность. Условия и причины их формирования и осознания, несомненно, нужно искать в процессе труда. В трудовой деятельности люди имеют дело с реально существующими предметами; обращение с ними требует навыков, ловкости, физического напряжения, целесообразных действий, позволяющих получать планируемые результаты. Наряду с этим складывается и такая важная предпосылка трудовой деятельности, как наличие знаний об используемых предметах и о самих трудовых действиях.

Применение и особенно производство орудий труда основывается на фиксации тех или иных конкретных, реально существующих свойств: твердости, упругости, гибкости, водонепроницаемости, вязкости и т. д. Это

не значит, что люди сразу познали, какие именно свойства они используют, создавая каменный топор, мотыгу, лук и стрелу. Однако они выделяли и фиксировали эти свойства. Одни породы камней были более твердыми, чем другие, и это приходилось учитывать при выборе материала для каменного топора; одни виды деревьев оказывались более прочными и гибкими, чем другие, и это важно было учитывать при выборе материала для лука и стрелы. Поэтому выделение, сравнение и отбор предметов и их свойств становится не только предпосылкой, но и целью трудовой деятельности людей. Складываются разнообразные трудовые рецепты, позволяющие использовать ранее установленные свойства и их взаимодействия. В связи с этим развивается способность наблюдать и запоминать. Таким образом, возникают знания, т. е. такие высказывания или системы высказываний о реально существующих предметах, явлениях, свойствах, действиях, руководствуясь которыми можно получать желательные результаты в процессе труда, предсказывать поведение животных, изменения погоды, ориентироваться в тех или иных обстоятельствах. Очевидно, прошло очень длительное время, пока люди научились отделять знания от тех предметов, явлений, свойств или действий, к которым они относятся. Вместе с этим складывается познавательная деятельность людей.

Характер познавательной деятельности, ее цели и формы организации претерпевают существенные изменения в истории развития

общества; однако некоторые очень важные ее особенности сохраняются.

Во-первых, познавательная деятельность направлена на реально существующие вещи, явления, свойства, связи, зависимости, взаимодействия, поведение и действия самих людей и т. д.; такие объекты и их свойства и становятся предметами познавательной деятельности людей. Цель познавательной деятельности — выделить эти объекты, изучить их и выразить знания о них в той или иной форме.

Во-вторых, результаты этого вида деятельности — знания всегда относятся к реально существующим объектам и выражают их свойства, отношения, строение, связи, зависимости, взаимодействия и т. д. Отношение знаний к соответствующим объектам контролируется, уточняется и проверяется при помощи практических действий с этими объектами.

В-третьих, познавательная деятельность и ее результаты становятся элементами особого процесса — процесса познания. В его рамках возникает зависимость познавательных действий и их результатов не только от степени развития человеческого сознания, но и от средств познания или от средств, которые используются для выявления объекта и его свойств, для организации познавательной деятельности и для выражения знаний. Поэтому познавательную деятельность нельзя сводить только к мыслительным действиям или к чувственным восприятиям реально существующих предметов. Она включает также разнообраз-

ные практические операции как со средствами, так и с объектами познания. Для изучения познавательной деятельности необходимо рассмотреть весь процесс, одним из составных элементов которого она является. Это и будет процесс познания. Процесс познания исторически складывается как результат и форма взаимодействия следующих основных элементов:

1) познавательной деятельности людей;
2) средств познания;
3) объектов или предметов познания;
4) знаний.

3. Стихийно-эмпирический процесс познания

Под стихийно-эмпирическим мы будем понимать такой процесс познания, в котором получение знаний не отделено от общественно-практической деятельности людей, а основным источником знаний являются разнообразные практические действия с объектами.

Выделение и изучение этого процесса познания важно не только потому, что огромные массы людей до настоящего времени именно таким путем получают знания. Сравнительное изучение стихийно-эмпирического и научного процессов познания дает возможность выявить особенности познавательной деятельности в рамках каждого из них, характер трудностей и методов их разрешения, требования, предъявляемые как к самой

познавательной деятельности, так и к ее результатам.

Рассмотрим строение стихийно-эмпирического процесса познания.

1. Познавательную деятельность здесь осуществляют все люди, совершающие общественно-практическую деятельность. Все они равны в накоплении и использовании знаний. Получение знаний не отделено от сферы их использования. Встает вопрос: в каком смысле можно говорить о познавательной деятельности, коль скоро она не выделена из процесса труда и других видов общественно-практической деятельности людей? Прежде всего получение знаний нельзя отождествлять с созданием предметов. Результат познавательной деятельности существует в иной форме, чем результат трудовой деятельности,— в форме знаний. С какой бы точки зрения мы ни рассматривали знания, они существуют в виде отдельных высказываний или связанных систем высказываний, а не в виде материальных предметов. Следовательно, получение их предполагает иные цели, чем создание предметов потребления или средств труда.

Трудовая деятельность имеет дело только с теми предметами, с которыми непосредственно связан человек. Познавательная деятельность может быть направлена на объекты, не включенные в процесс труда: небесные явления, состояние здоровья людей и т. д. Это возможно благодаря постепенному отделению знаний и познавательной деятель-

ности от объектов и различных навыков трудовой деятельности.

Познавательная деятельность включает в себя наблюдение, сравнение, отбор, классификацию предметов и их свойств, запоминание полученных результатов, формирование высказываний и соединение их друг с другом, построение тех или иных логических заключений и т. д. Важную роль играет умение использовать знания, полученные в готовом виде от других людей или от предшествующих поколений.

2. В стихийно-эмпирическом процессе познания, как правило, не существует специальных средств познания; орудия труда являются одновременно и орудиями познания окружающего мира. С их помощью человек осуществляет контакт с телами природы, изменяет их и создает предметы потребления. Одновременно он открывает разнообразные свойства этих тел: твердость, ковкость, водонепроницаемость и др., которые невозможно было обнаружить, не используя орудий труда.

Важным орудием познания становится естественный язык. Наличие языка — необходимая предпосылка всякой познавательной деятельности. При помощи языка обозначаются выделенные предметы и их свойства, закрепляются знания. Но для нас более важно отметить познавательную функцию языка. Хотя мыслительные действия человека осуществляются при помощи языка, язык надо отличать от самих этих мыслительных действий и от способности их совершать. При помощи языка

предметы вводятся в процесс размышления; слова и образы замещают реально существующие предметы, их свойства и взаимодействия. Во всех мыслительных операциях — в сравнении, классификации, в формулировании высказываний и т. д.— внимание направлено не на сами слова и образы, а на те предметы, которые они обозначают; слова и образы являются лишь особыми средствами, при помощи которых можно приходить к тем или иным заключениям относительно реально существующих предметов. Полученные заключения сопоставляются затем с познаваемыми предметами и отбираются только те из них, которые соответствуют реально существующим свойствам, взаимодействиям познаваемых предметов. Эти заключения закрепляются в сознании и опыте людей в виде отдельных суждений или утверждений, выражающих знания.

Формирование слов, языково-логических конструкций и образов приводит к возникновению особых типов стандартизации обозначений внешних предметов, человеческих действий, а также тех сообщений, высказываний, рассуждений, которые становятся носителями знаний об объектах. Таким образом, язык создает возможность не только для получения и хранения знаний, но и для обмена ими, их запоминания и проверки.

3. Объектами или предметами стихийно-эмпирического процесса познания являются прежде всего орудия и предметы труда. Внимание людей направляется на эти тела не случайно. На их обработку приходится за-

трачивать огромную массу сил и времени. На охоте необходимо изучать и запоминать повадки животных, на рыбной ловле — поведение рыб и других обитателей водоемов; земледелие заставляло изучать свойства почвы; приручение и разведение животных требовало знания их особенностей и т. д. Знания, относящиеся к орудиям и предметам труда, начинают переносить на все подобные предметы природы. Так постепенно расширяется круг объектов, на которые направляется познавательная деятельность людей.

4. Знания в стихийно-эмпирическом процессе познания существуют в виде разнообразных суждений или утверждений, в виде трудовых рецептов, пословиц и поговорок, в которых закреплен многовековой опыт людей.

Знания эти не исчезают после того, как на их основе созданы какие-либо предметы или совершены какие-либо действия. С полученными знаниями обращаются иначе, чем с созданными предметами. Любое знание, выраженное при помощи языково-логических средств, существует отдельно от тех предметов или действий, к которым оно относится. В этом смысле оно относительно самостоятельно. Однако в зависимости от степени достоверности и точности его всегда можно «перевести» на те или иные практические действия. Всякий трудовой рецепт состоит из специфических и относительно точных знаний. В таких рецептах известно: а) каким должно быть исходное состояние используемых орудий и предметов труда;

б) каким должен быть конечный продукт процесса труда; в) какие действия и в какой последовательности необходимо совершить. Поэтому любой трудовой рецепт можно разбить на последовательную систему правил, определяющих трудовые действия от начальных состояний до конечных результатов. Благодаря этому можно не только получать однотипные результаты, но и передавать полученные знания другим людям, не совершавшим ранее таких трудовых действий.

Любое заключение (суждение, утверждение или логически организованная система утверждений), которое выражает знания, приложимо к целому классу предметов, хотя оно может быть получено на основе оперирования только с одним из них. Например, все трудовые рецепты по выращиванию культурных растений в сельскохозяйственном производстве состоят из утверждений, которые излагают своеобразные программы действий в тех или иных ситуациях: «взять такие-то семена и сделать с ними то-то; почву подготовить так-то; посеять или посадить семена в почву тогда-то; уход требуется такой-то и т. д.» Таким же образом строятся трудовые рецепты в ремесленном производстве и в любых других видах трудовой деятельности людей.

Возможность последующего использования знаний основывается на однотипности их соотнесения с тем или иным кругом предметов, условий действия и т. д. Сам же тип соотнесения складывается и проверяется (закрепляется) в процессе фактического

воздействия на предмет. Благодаря этому у человека возникает возможность контролировать свои действия в процессе труда, а вместе с этим проверять используемые знания. Вот почему знания являются частью стихийно-эмпирического процесса познания. Отношение знаний к реально существующим объектам и к самой человеческой деятельности складывается, проверяется и изменяется в рамках этого процесса; здесь же постепенно совершается отделение знаний от других результатов человеческой деятельности — от религиозных представлений, от мифологического и художественного творчества.

Нельзя недооценивать историческую роль стихийно-эмпирического процесса познания. По мере развития орудий труда и усложнения общественных связей роль знаний о мире и о самих человеческих действиях возрастает; получение и использование знаний становится очень важной предпосылкой практической деятельности людей. В стихийно-эмпирическом процессе познания складываются навыки получения и хранения знаний. До сих пор мы пользуемся теми продуктами питания, которые выделены и освоены на основе многовекового развития человечества. Народная медицина накопила очень важные знания о целебном действии многих растений; были открыты хинин, кокаин, эфедрин и другие лекарства, лечебные действия женьшеня, раувольфии-змеевидной, лимонника, шиповника, алоэ и других растений, целебные свойства многих минеральных источников и пищевых продуктов. До сих пор

не потеряли значения разнообразные приметы, позволяющие предсказывать изменения погоды; эти приметы передаются из поколения в поколение, подтверждаются, уточняются.

В стихийно-эмпирическом процессе познания были получены знания, сыгравшие важную роль в изобретении водяного колеса, паруса, ветряной мельницы, выведении большого количества пород домашних животных. На основе стихийно-эмпирического процесса познания в течение многих столетий складывались такие навыки ремесленного производства, которые до сих пор сохраняют свое значение.

4. Наука — особая форма процесса познания

Наука как особая форма процесса познания складывается в эпоху возникновения классов и классовой борьбы. У нас нет возможности рассматривать здесь историю науки. Однако необходимо отметить ряд причин и условий, которые играли особенно важную роль в ее развитии. Возникновение классов сопровождалось формированием нового общественного разделения труда: возник умственный труд, отделенный от труда физического. Это разделение носило классовый характер: именно господствующие классы монополизировали умственный труд. Наиболее важными были следующие его функции: 1) организация материального производства

в обществе; 2) управление людьми в процессе труда; 3) создание государственной машины и руководство ее повседневной деятельностью; 4) разработка идеологии, при помощи которой укрепляются и освящаются производственные отношения, основанные на господстве одних классов над другими; 5) развитие науки, искусства и других сфер духовной деятельности.

Не все эти функции возникли одновременно. Так, ни в рабовладельческом, ни в феодальном обществе господствующие классы, как правило, специально не занимались технологией материального производства. Это можно объяснить не только презрительным отношением рабовладельцев и феодалов к физическому труду. Дело в том, что материальное производство в ту эпоху совершалось грубыми, примитивными орудиями труда. Для создания и использования их достаточно было навыков и знаний, полученных в стихийно-эмпирическом процессе познания. Поэтому в течение длительного времени господствовали рутинная техника и примитивная технология производства. Рабовладельческие и феодальные общественные отношения не создавали ни возможностей, ни глубоких стимулов для развития технологии производства. Именно здесь нужно искать причины крайне медленного развития естествознания в ту историческую эпоху.

В капиталистическом обществе возникает совершенно новое отношение буржуазии к технологии и организации производства. Буржуа как собственник средств производст-

ва понимает, что технологические и организационные изменения в процессе труда могут быть источником постоянного увеличения его богатства, роста его возможностей в конкурентной борьбе, мощным средством давления на рабочий класс. Поэтому совершенствование технологии и организации материального производства становится очень важной функцией умственного труда, которую выполняют представители нового класса собственников. Буржуазия проявляет огромный интерес к естествознанию и начинает создавать условия для его развития. Это приводит к дифференциации самой умственной деятельности: начинают формироваться особые группы людей, занятых выполнением тех или иных конкретных функций умственного труда. Эти группы людей получают специальную подготовку. Так постепенно выделяются лица, основной функцией которых становится развитие науки.

Наука складывается как особая по сравнению со стихийно-эмпирическим процессом познания форма этого процесса, что означает существенное изменение всех его элементов.

1. Познавательную деятельность в науке осуществляют специально подготавливаемые группы людей (ученые, исследователи, научные работники). Формой ее осуществления и развития становится научное исследование.

2. В истории науки создаются и разрабатываются специальные средства познания: а) материальные (разнообразные приборы, экспериментальные установки и т. д.); б) математические (методы вычис-

лений, математические теории и т. д.); в) языковые и логические (разнообразные искусственные языки; специально разрабатываемые в логике правила построения определений, выводов, доказательств и т. д.). Их конструируют и используют для преодоления тех или иных трудностей, встающих в ходе выявления и изучения предметов, их свойств, характеристик, или в решении научных проблем.

Возникновение специальных средств познания сыграло очень важную роль в развитии науки. В стихийно-эмпирическом процессе познания выявление и изучение предметов и их свойств, а также проверка тех или иных предположений лимитируется используемыми орудиями труда. Специально создаваемые в науке средства познания во многом преодолевают эти ограничения.

3. Наука, в отличие от стихийно-эмпирического процесса познания, начинает изучать не только те предметы, с которыми люди имеют дело в своей непосредственной практике, но и те, которые выявляются в ходе развития самой науки. Часто их изучение предшествует практическому использованию. В истории науки таких примеров очень много. Так, длительное изучение электрических явлений, радиоактивности, энергии атомного ядра предшествовало практическому освоению этих явлений. Развитие науки порождает свои относительно самостоятельные проблемы, запросы и способы включения предметов в научное исследование.

4. В науке начинают специально изучать сами результаты познавательной деятельности — научные знания. Исторически возникают и специально разрабатываются критерии, согласно которым научные знания можно отделить от стихийно-эмпирических знаний, от мнений, спекулятивно-идеалистических рассуждений, религиозных представлений и т. д. Законы, теории, гипотезы принимаются в научном процессе познания только тогда, когда они удовлетворяют определенным критериям. Для выражения научных знаний используется не только естественный язык, но и специально создаваемые символические, логические и математические средства.

Ни в истории науки, ни в современном ее состоянии нельзя рассматривать ни один из этих составных элементов в отрыве от их взаимодействия. Оно должно быть объективным исходным пунктом в изучении познавательной деятельности ученых, из него необходимо исходить в планировании подготовки научных кадров, в определении эффективности научных исследований.

Выделение и изучение строения науки позволяет рассматривать ее как особый, относительно самостоятельный процесс познания. Все социальные факторы и условия в конечном счете воздействуют на элементы строения науки и их взаимодействия. Изменения в самой науке совершаются в рамках и на основе присущего ей строения.

Возьмем, например, изменения организации научно-исследовательской деятельности.

В течение длительного времени, вплоть до начала XX в., науку развивали в основном отдельные исследователи, работавшие, как правило, с небольшими группами учеников и помощников. В настоящее время основной объем научно-исследовательских работ выполняется крупными научно-исследовательскими коллективами. В чем причина таких изменений? Можно, конечно, предполагать, что только сейчас вполне осознаны огромные возможности разделения труда в науке и кооперирования усилий большого количества научных работников для решения научно-технических проблем. Однако изучение приводит нас к другим, более глубоким причинам: изменяются материальные средства познания, а в связи с этим возникают новые формы разделения труда и организации научно-исследовательской деятельности.

Длительное время в естественных науках использовались такие материальные средства познания, для конструирования, создания и использования которых достаточно было небольших групп людей. Майкл Фарадей проводил свои исследования в небольшой лаборатории с несколькими помощниками. В таких же лабораториях работали Гельмгольц, Менделеев и многие другие ученые XIX в. Даже лаборатории Томсона и Пьера и Марии Кюри, в которых сделаны великие открытия, были очень скромными.

В настоящее время масштабы физических исследований колоссально выросли; огромные изменения происходят в химии, биологии и других естественных науках. Все время

увеличивается потребность в материальных средствах познания, и сами эти средства непрерывно усложняются; иногда они требуют создания огромных лабораторий. Для их конструирования, производства и использования нужны большие коллективы научных работников, инженеров, техников, рабочих. На базе некоторых материальных средств познания создаются целые институты. Например, для обслуживания синхрофазотрона в Дубне на 10бэв требуются сотни высококвалифицированных научных работников и рабочих. Для расширения научно-исследовательских работ потребовалось создание вычислительного центра, оснащенного современными электронно-вычислительными машинами, и других вспомогательных установок. Использование таких средств познания, как синхрофазотрон, во многом изменяет характер организации научно-исследовательского труда. Оно предполагает очень четкое разделение труда внутри научно-исследовательского коллектива. Обоснование и планирование экспериментов на таких дорогостоящих средствах познания приобретает исключительно важную роль и требует много времени и энергии большого количества ученых.

Изменения в организации научно-исследовательских работ происходят также вследствие увеличения объема знаний, которые приходится привлекать для обоснования и решения проблем. Исследования космоса, изучение экономических и других процессов в обществе, решение проблем в области управления общественной жизнью и т. д. тре-

буют кооперирования сил и знаний ученых, работающих в различных науках. Объем информации, которую приходится привлекать, не в силах собрать, а тем более проанализировать не только отдельные ученые, но и маленькие коллективы научных работников.

Развитие науки приводит к разделению сферы получения и сферы потребления или приложения знаний. В этом она существенно отличается от стихийно-эмпирического процесса познания. В рамках последнего знания могут накапливаться и храниться в небольших группах-семьях и даже отдельными людьми. «Если что-либо известно лишь одному человеку и он ни с кем не делится этими знаниями, то может случиться, конечно, что никто об этом не узнает» [11]. Отдельные достижения стихийно-эмпирической познавательной деятельности, по-видимому, навсегда исчезли (рецепты некоторых красок, лекарств и т. д.).

В науке познавательную деятельность ведут особые группы людей. Какие бы изменения ни происходили в их познавательной деятельности и в получаемых ими результатах, здесь возникает совершенно новая функция — передача знаний от тех, кто их вырабатывает, к тем, кто их потребляет. Поэтому знания в науке всегда фиксируются и специально изучаются с точки зрения объема, точности, языково-логических средств выражения и т. д. Без этого невозможно их хранить, передавать и однозначно использовать как в самой науке — для дальнейших исследований, так и вне науки — в сфере потреб-

ления для создания или совершенствования орудий труда, для управления людьми и т. п. Разделение сферы получения и сферы потребления научных знаний также связано со строением науки как относительно самостоятельного явления. Этим же обусловлены многие изменения в познавательной деятельности исследователей.

Глава III

Познавательная деятельность в науке

1. Познавательная деятельность в науке как особый предмет исследования

Науку, в конечном счете, развивают люди. Несомненно, что эффективность научных исследований зависит не только от количества людей, занятых в науке, но и от уровня их подготовки. Важную роль при этом играет знание существенных особенностей познавательной деятельности, совершающейся в виде научного исследования. Поэтому наряду с науками, изучающими научный процесс познания в целом (историей и социологией науки, науковедением, экономикой научных исследований и т. д.), складываются дисциплины, изучающие познавательную деятельность в науке (методология науки, логика научных исследований, психология научного познания и научного творчества и т. д.).

Научное исследование — это такое систематическое и целенаправленное изучение объектов, в котором используются средства и методы науки и которое завершается фор-

мулированием знаний об изучаемых объектах. История развития науки есть вместе с тем история формирования этой познавательной деятельности. Изучение и объяснение ее является важным условием развития современной науки.

Из каких элементов складывается научное исследование? Какова зависимость между ними и можно ли ее контролировать? Какая подготовка необходима для успешного осуществления научного исследования? Решение этих вопросов исключительно важно для оценки эффективности результатов познавательной деятельности. Эта оценка опирается на то или иное понимание существенных особенностей научного исследования.

Каким же образом можно изучать познавательную деятельность в науке? В таком изучении имеется немало трудностей. Характер научного исследования во многом зависит от личности ученого — его подготовленности, опыта, интереса, таланта. К тому же совсем не просто сравнить деятельность ученых, работающих в различных науках. Различия в изучаемых объектах, в степени развитости методов и средств познания, теоретических и логических аппаратов и т. д. затрудняют выбор оснований для таких сравнений. Сами исследователи в своих высказываниях, воспоминаниях и даже работах по философии науки чаще всего обращают внимание на те вопросы, решение которых потребовало от них много сил и времени; нередко они на первый план выдвигают свои собственные мнения, пристрастия и поиски.

Они, как правильно замечает Ст. Тоулмин[1], выделяют прежде всего те вопросы, в решении которых им принадлежит важная роль. Такой подход неизбежно ведет к своеобразному смещению пропорций, остаются в тени многие важные проблемы. Так что даже выделение фактов, характеризующих познавательную деятельность в науке, связано с трудностями.

Некоторые ученые рассматривают научное исследование как особый вид искусства[2]. Свои собственные наблюдения и высказывания других исследователей они группируют прежде всего вокруг этой основной идеи. Такой подход также ведет к односторонним представлениям. С этой точки зрения трудно выяснять и обосновывать требования, предъявляемые к научному исследованию, изучать его предпосылки и условия, которые исследователь сознательно должен учитывать. Нельзя отрицать познавательную роль индивидуальных навыков ученого, его способностей, в особенности воображения, памяти, интуиции и т. д. Но в то же время нельзя связывать познавательную деятельность в науке только с такими чертами.

Обратим внимание и еще на одно обстоятельство. Готовые результаты научного исследования излагаются или формулируются в виде закона, теории, гипотезы, в виде точного описания эксперимента, конструктивного решения и т. д. Ни в одном таком результате не фиксируются те познавательные действия, которые совершал исследователь для его получения. Сформулированные знания

оставляют как бы в тени характер познавательных действий, их последовательность, зависимость друг от друга; мы не видим по полученным результатам, какие познавательные задачи и каким образом исследователь формулировал и решал в процессе изучения предмета, какие гипотезы использовал и в какой последовательности и т. д. Поэтому весь сложный состав познавательных действий необходимо изучать отдельно и самостоятельно, наряду с изучением результатов научного исследования.

В любой науке исследователь имеет дело со специфическими объектами. Механика, например, изучает перемещение тел во времени и пространстве, поэтому во всех механических теориях выделяются только такие характеристики, которые позволяют описывать и объяснять такое перемещение. В частности, классическая механика исследует механическое перемещение тел относительно друг друга и их взаимодействия при помощи понятий: «сила», «масса», «ускорение», «скорость», «импульс», «энергия» и т. д. Эти понятия относятся к соответствующим реально существующим характеристикам любой механической системы в макромире.

Познавательная деятельность — совершенно иной объект, по сравнению с теми, которые изучает физик, химик, биолог, социолог и т. д. Она имеет другое строение, здесь складываются особые системы связей, зависимостей, предпосылок и условий. Познавательную деятельность нельзя выделять, описывать и объяснять при помощи понятий,

разрабатываемых в механике, физике, химии, биологии, в науках, изучающих общественные явления. Для этого нужна особая система понятий, которая и разрабатывается в теории познания, и прежде всего в той ее части, которая специально изучает познавательную деятельность и ее результаты,— в методологии науки. Важную роль в ней играют такие понятия, как «научное исследование», «научная проблема», «познавательные задачи», «методы познания», «средства познания», «факт», «научные знания», «методы эмпирической проверки научных знаний», «методы логического обоснования научных знаний», «теория», «гипотеза» и т. д.

В своей деятельности ученый не может ограничиваться навыками, которые можно получить в результате той или иной специальной подготовки, хотя они чрезвычайно важны. В любом научном исследовании необходимо знать и уметь контролировать зависимость между характером познавательных действий и получаемыми результатами, между сознательно принимаемыми установками, критериями и стандартами, с одной стороны, и характером познавательных действий, с другой. Необходимо также знать механизм образования научных понятий, предпосылки и условия, оказывающие влияние на их достоверность, однозначность и т. д., что особенно важно при построении и проверке понятий, теорий, гипотез, формулировании научных законов. Такое знание дает прежде всего теория познания, и в особенности методология науки, и оно является фактически

исходным в любом научном исследовании. Именно таким путем теория познания оказывает глубокое влияние на развитие науки. В свою очередь изучение познавательной деятельности имеет большое значение и для развития теории познания.

Отметим, наконец, что научное исследование складывается не только из наблюдаемых познавательных действий, но и из различных по строению и функциям систем рассуждений, интуитивных шагов, образных представлений и т. д., которые невозможно непосредственно наблюдать. Их далеко не всегда удается точно зафиксировать. К тому же именно здесь ярче всего проявляются индивидуальные особенности исследователей. Все это затрудняет разработку объективных методов изучения познавательной деятельности, сказывается на характере знаний, получаемых методологией науки.

Однако в любом научном исследовании существуют такие системы или уровни, которые можно выделить объективными методами и систематически изучать подобно всем другим предметам науки. Сюда относятся прежде всего используемые средства и методы познания. Именно они образуют исходный пункт для понимания познавательной роли других, пока еще не поддающихся однозначному фиксированию особенностей познавательной деятельности исследователей (интуиции, творчества и т. д.). Поэтому наряду с объективным изучением познавательной деятельности в науке важную роль играют наблюдения самих исследователей за тем,

как они приходили к тем или иным открытиям, решениям, гипотезам. В этом смысле высказывания многих выдающихся ученых по теории познания и проблемам методологии научного познания подлежат самому тщательному изучению.

2. Познавательная деятельность в науке и в стихийно-эмпирическом процессе познания

Методологическая важность сравнительного изучения познавательной деятельности в науке и в стихийно-эмпирическом процессе познания вряд ли может вызывать какие-либо сомнения. В истории философии эмпирики как материалистического, так и идеалистического направления не всегда обращали внимание на существенные различия между этими видами познавательной деятельности. Отождествление их можно встретить и у некоторых представителей современных школ позитивизма, в частности школы философского анализа так называемого обыденного языка. Такой подход мешает изучению особенностей познавательной деятельности в науке, ее предпосылок и результатов.

Во многих современных науках исследователи имеют дело с объектами, далеко отстоящими от повседневного опыта людей,

складывающегося в стихийно-эмпирическом процессе познания. Объекты квантовой физики, молекулярной биологии и других наук нельзя наблюдать при помощи органов чувств таким же образом, как люди наблюдают в повседневной жизни макротела — дома, деревья, железные дороги и т. д. Здесь нужны особые средства познания. Например, для выявления и изучения так называемых элементарных частиц в квантовой физике используются специально создаваемые материальные средства познания — регистрационные камеры, ускорители, счетчики, реакторы и др. Для выражения знаний используются не только естественный, но и разнообразные искусственные языки; приходится прибегать к таким гипотезам, которые очень часто не согласуются с повседневными представлениями и опытом людей. По-видимому, различия между познавательной деятельностью в науке и повседневным опытом людей будут возрастать. Поэтому представления и опыт людей, складывающиеся в стихийно-эмпирическом процессе познания, нельзя рассматривать в качестве такого исходного или конечного пункта, с которым должно согласовываться выдвижение гипотез, формулирование законов и теорий, эмпирическая проверка и логическое обоснование теоретических знаний, разработка искусственных языков и правил оперирования ими, поиск образов и другие познавательные действия исследователей.

В классическом естествознании к формулированию исходных принципов построения

теорий и гипотез предъявлялись требования, которые обеспечивали или предполагали наглядное изображение всех получаемых выводов. Считалось, что научно-исследовательская деятельность должна опираться на повседневный опыт людей и в конечном счете согласовываться с ним. Настаивать на подобных требованиях в наши дни — значит мешать развитию науки. Поэтому в современном естествознании к формулированию исходных принципов предъявляют новые требования, которые в свою очередь подлежат тщательному изучению и обоснованию.

Причины исторически складывающегося различия между стихийно-эмпирической познавательной деятельностью и научным исследованием нельзя искать только в самом человеческом сознании. Несомненно, как в научном исследовании, так и в стихийно-эмпирической познавательной деятельности мы имеем дело с человеческим сознанием. Поэтому существуют основания для аналогий между ними. Однако если останавливаться на таких аналогиях, то останутся в тени существенные различия между этими видами познавательной деятельности, а также предпосылки и условия, вызывающие эти различия. Особенно важную роль играют здесь, как было отмечено выше, те условия и предпосылки, которые не заключены в самом человеческом сознании. Познавательная деятельность является частью более сложного процесса — процесса познания; она включена в него и зависит от характера его составных элементов и их взаимодействия друг с другом. Такой подход

позволяет выделить, изучить и объяснить различия между познавательной деятельностью в науке и в стихийно-эмпирическом процессе познания.

Как познавательная деятельность в стихийно-эмпирическом процессе познания, или повседневная познавательная деятельность людей *, так и познавательная деятельность в науке, или научное исследование, направлены на выделение и изучение реальных объектов. Эти объекты и становятся предметами познания. Но именно в способах выделения таких объектов и в методах их включения в процесс познания обнаруживаются важные различия этих видов познавательной деятельности.

И в том и в другом случае познавательная деятельность направлена на объекты, включенные в общественную практику. Решение трудностей и задач, с которыми люди сталкиваются в практике, всегда было важным стимулом развития научных исследований. Как известно, практические нужды способствовали возникновению астрономии, математики, географии и других наук. В XVIII—XIX вв. потребности в конструировании и использовании машин привели к изучению разнообразных свойств «физических тел и формы проявления сил природы» [3]. Особенно активно стимулировала научные исследования необходимость новых источников

* Иногда употребляют понятия: «обыденное познание», «повседневный опыт людей» и др.; в данной работе мы будем пользоваться понятием «повседневная познавательная деятельность».

энергии. И в настоящее время подобные потребности активно воздействуют на науку.

Однако в ходе развития науки складываются предпосылки и условия для выделения и изучения объектов, непосредственно не включенных в практическую деятельность людей. По-видимому, объем научных исследований, направленных на такие объекты, возрастает вместе с развитием науки. Так, ни электрические, ни магнитные явления не получили широкого практического применения вплоть до начала XIX в. Возможности их практического использования возникают только в первой половине XIX в. в результате тщательного научного изучения. Развитие физики и химии в конце XIX и в начале XX в. приводит к выделению и изучению микромира; практическое использование явлений и процессов этой совершенно новой предметной области также становится возможным только на основе тщательных научных исследований. Развитие математики, в частности исследования V постулата Евклида о параллельных, приводит в первой половине XIX в. к изучению так называемых неевклидовых пространств (Лобачевский, Бояи, Гаусс, Гельмгольц и др.). Невозможно найти в первой половине XIX в. каких-либо практических приложений для этих исследований; их необходимость и возможность возникает в ходе развития самих математических наук. В истории каждой науки можно найти немало таких примеров.

В научном исследовании ученые сознательно ищут объекты познания. И отнюдь

не только и не столько по причине любознательности, хотя она и играет свою роль. Для целенаправленного поиска объектов в науке существуют более веские основания. Ни одно научное исследование не заканчивается выделением тех или иных объектов или их характеристик. Напротив, с этого оно только начинается. Ученый стремится дать объяснение тому, что он выделил; для него важно найти пути управления и методы предсказания поведения изучаемых объектов, открыть причины, сформулировать законы, управляющие этим поведением. Именно в решении этих вопросов он сталкивается с самыми большими трудностями: где именно искать причины наблюдаемых явлений, например появления теней от предметов, когда светит солнце, возникновения волн на поверхности воды от брошенных предметов, причины молнии и грома и т. д.? Какие конкретные свойства, механизмы или процессы порождают подобные явления? Какие конкретные характеристики играют наиболее важную роль в действии того или иного закона?

В чем особенность подобных вопросов? История науки показывает, что выделение и изучение одних предметов в научном исследовании обязательно приводит к выделению и изучению других предметов. Изучение причин появления теней от предметов, когда светит солнце, потребовало выделения и специального изучения луча света, его строения, свойств, в том числе направления и скорости распространения. Луч света — новый предмет исследования, по срав-

нению со светом вообще. Выделение луча света в качестве особого предмета изучения и позволило сформулировать принцип: свет распространяется прямолинейно. Новые предметы выделяются и при изучении причин возникновения волн на поверхности воды, причин, порождающих молнию и гром. В любом научном исследовании обязательно возникает не только возможность, но и необходимость перехода от уже выявленных предметов к новым. Именно в этом прежде всего и сказывается относительная самостоятельность научного процесса познания по отношению к практической деятельности.

Выделение новых объектов в науке — чрезвычайно трудоемкая часть работы ученого. Оно предполагает классификацию изучаемых объектов и их свойств. В науках, исследующих микромир, возникает новая очень важная проблема распознавания и идентификации объектов (какая именно элементарная частица оставила след на фотопластинке или в камере и т. д.). Поэтому знание самих методов включения объектов в научное исследование является необходимой предпосылкой познавательной деятельности ученого. В повседневной познавательной деятельности таких трудностей, как правило, не возникает.

Научное исследование, в отличие от повседневной познавательной деятельности, носит систематический и целенаправленный характер. Здесь не останавливаются на знаниях, полученных при решении практических задач или преодолении трудностей.

Научное исследование направлено на решение проблем, которые сознательно формулируются как цель, которая должна быть достигнута в ходе исследования; ее осмыслению и поискам путей реализации подчиняются все познавательные действия ученого; от характера проблемы во многом зависит состав познавательных действий. Например, в свое время К. Максвелл исследовал связь, существующую между электрическими, магнитными и световыми явлениями. Ранее они рассматривались как независимые друг от друга и изучались отдельно. Теперь надо было посмотреть на них с новой точки зрения. Соответственно, все познавательные действия получили другое направление: надо было тщательно сопоставить изучаемые явления, найти общее у них и то, в чем они различаются, и с этой целью проводить наблюдения, эксперименты и измерения. Для решения проблемы Максвелл выдвинул гипотезу: электрические, магнитные и световые явления имеют единую электромагнитную природу. Гипотеза оказалась плодотворной и привела к решению поставленной проблемы — к открытию единой природы этих явлений и к установлению одинаковых законов, управляющих ими.

Формулирование научной проблемы — очень сложное познавательное действие. Нередко правильная ее постановка становится стимулом для новых исследований, показателем прогресса науки. С другой стороны, ученые никогда не отказываются от нерешенных проблем. Каждое новое поколение

исследователей вновь и вновь возвращается к ним, изучает их; иногда они включаются в новые исследования в переформулированном виде.

Научную проблему можно рассматривать как поиск какого-либо еще не известного результата. Она может быть сформулирована в виде вопросов: «Каковы причины таких-то и таких-то явлений (например, раковых заболеваний, миграции животных и т. д.)?»; «Есть ли жизнь на других планетах солнечной системы (например, на Марсе или Венере)?» и т. д. Она может быть выражена также в виде установки: «найти способы решения того-то и того-то» (например, способы управления термоядерными реакциями, опреснения морской воды или предохранения земной атмосферы от загрязнения и т. д.); «найти законы, управляющие теми или иными процессами» (например, ростом кристаллов, эволюцией растительных и животных видов и т. д.); «построить теорию или гипотезу, объясняющую данный круг фактов» и т. д.

Научная проблема предполагает, что в данный момент еще не известны пути, методы и средства ее решения. Но именно поэтому при ее формулировании исследователь должен изучить, является ли она вообще разрешимой; а для этого ему необходимо знать, каким требованиям должна удовлетворять разрешимая проблема, чем она отличается от задач спекулятивных рассуждений, например теологических? В осмыслении этих вопросов и сказывается прежде всего подготов-

ленность исследователя. Нередко ему приходится затрачивать на их решение много сил и времени. Предметом его изучения становятся здесь не механические, физические, химические, биологические или социальные явления, а сама проблема как составной элемент научного исследования и требования, предъявляемые к ее формулированию.

Научная проблема должна быть сформулирована в понятиях науки, т. е. исходя из разработанных систем научных знаний. Какие бы новые причины, факты и направления исследований она ни затрагивала, в конечном счете исследователь должен исходить из установленных научных знаний, из сложившихся в науке подходов к изучаемым явлениям. Установленные знания выполняют очень важную функцию: при их помощи научную проблему можно однозначно координировать с выявленными или предполагаемыми объектами. Далее, любая принципиально разрешимая проблема обязательно предполагает изучение ближайших и отдаленных возможностей ее решения, использование научных методов и средств познания, учет характера и степени практического овладения изучаемым объектом. Независимо от ответа на эти вопросы вообще невозможно утверждать, является ли данная проблема принципиально разрешимой или нет. История науки и практического приложения научных знаний играет здесь исключительно важную роль. Например, давно установлено, что невозможно изобрести вечный двигатель, а следовательно, неразумно формулировать

новые проблемы, связанные с его созданием или с поиском каких-либо еще не изученных возможностей его конструирования. Такой вывод основывается не только на большом количестве практических неудач создания вечного двигателя, но и на теоретических расчетах.

Нередко новые проблемы в науке ведут к серьезному пересмотру существующих представлений. В таких случаях обоснование принципиальной возможности или невозможности их решения связано с особенно большими трудностями. И тем не менее оно совершенно необходимо: от него существенным образом будет зависеть внимание исследователей к самим этим проблемам.

В зависимости от характера изучаемых объектов и в особенности от характера решаемых проблем в науке необходимо выделить прежде всего три основных вида исследований *.

1. Фундаментальные теоретические исследования. Научные проблемы, формулируемые и рассматриваемые в таких исследованиях, направлены на поиск принципиально новых идей, путей и методов познания и объяснения. Решение их требует глубокого анализа разработанных систем научных знаний — теорий, законов, гипотез, критического изучения познавательных возможностей используемых методов и средств познания;

* Эту классификацию мы не рассматриваем как полную или исчерпывающую. Она необходима для целей нашего исследования. Для других целей могут быть полезными иные подходы.

большое внимание уделяется здесь обоснованию самих новых проблем. Таковы исследования Д. И. Менделеева, связанные с открытием периодического закона, работы К. Максвелла в электродинамике, А. Эйнштейна в области специальной и общей теории относительности, создание М. Планком квантовой гипотезы, поиски И. П. Павловым новых путей и методов изучения психофизиологических процессов. Многие исследования Луи де Бройля, Н. Бора, В. Гейзенберга, Э. Шрёдингера, М. Борна, П. Дирака, В. А. Фока и других ученых в области квантовой механики также носят фундаментальный характер.

2. Целенаправленные теоретические исследования. Как правило, ученый здесь имеет дело с уже сформулированными теоретическими проблемами. Его усилия могут быть направлены на критическое изучение ранее предложенных решений, на модификацию, уточнение или эмпирическую проверку принятых в науке законов, теорий, гипотез. В развитии любой науки этот вид исследований играет очень важную роль. Внимание исследователей сосредоточивается на выделении точно установленных научных знаний из всего объема информации об изучаемых объектах. Важная цель этого вида исследований — провести водораздел между проверенными и гипотетическими знаниями, осознать новые проблемы, новые «точки роста». Без такой работы невозможны были бы и фундаментальные теоретические исследования.

Принципиально новые научные проблемы, как правило, возникают тогда, когда предложенные решения обнаруживают ограниченность, не согласуются с новыми фактами; в таких случаях внимание исследователей по необходимости направляется на критический анализ уже разработанных теорий или сформулированных законов, на поиск новых решений. Например, в конце XIX — начале XX в. тщательному экспериментальному и теоретическому изучению подвергались электромагнитные излучения нагретых тел. При объяснении этих излучений и их взаимодействия с веществом исходили из теоретических положений классической механики, статистической физики и электродинамики. Однако здесь возникли большие трудности. Излучение и поглощение, согласно этим теориям, рассматривались как непрерывные процессы. В то же время тщательные эксперименты и измерения не подтверждали этой непрерывности. К тому же анализ теплового равновесия между излучением и нагретым телом приводил к парадоксальным выводам. Получалось, что энергия излучения должна быть бесконечной, а это означало, что равновесие не может установиться. Квантовая гипотеза М. Планка и ее последующее обоснование и развитие связаны с решением этих трудностей.

Фундаментальные теоретические исследования А. Эйнштейна в области специальной и общей теории относительности также связаны с трудностями эмпирической проверки уже сформулированных проблем. Очень важ-

ную роль в этом случае сыграл эксперимент Майкельсона — Морли. Стало ясно, что невозможно обнаружить ни движение тел относительно эфира, ни движения самого эфира. Это и потребовало глубокого пересмотра многих представлений классической механики: об абсолютном характере времени и пространства, об измерении и т. д. В конечном счете в любой науке можно проследить связь фундаментальных и целенаправленных теоретических исследований.

3. Прикладные исследования и разработки. Они направлены на практическое использование сформулированных законов и теорий, т. е. на поиски методов практического применения новых или уже известных источников энергии, способов создания новых средств труда, материальных средств познания, новых веществ и т. д. Нетрудно понять, что такие исследования важны не только для народного хозяйства, но и для развития самой науки. Нередко они сами ведут к новым открытиям.

Связь между фундаментальными и целенаправленными научными исследованиями, с одной стороны, и прикладными исследованиями, с другой, все время меняется в современной науке. 80—90 лет назад почти все виды теоретических исследований были непосредственно связаны с практическим приложением знаний, и последнее не требовало специализированных познавательных действий. Теперь положение меняется. В современной науке многие теоретические исследования непосредственно не связаны с обла-

стью прикладных исследований и разработок, а их практическое использование нередко приводит к непредвиденным результатам. В таких условиях для правильного понимания значения теоретических результатов для практики приходится приложить огромное количество исследовательского труда. Например, в конце XIX и в начале XX в. трудно было предсказать возможные практические результаты открытия электрона или радиоактивности. Даже теперь, в XX в., когда значительно сократилось время между научными открытиями и их практическим использованием, трудности такого предсказания не уменьшились. Невозможно, например, сразу же после открытия новой элементарной частицы предсказать, к каким изменениям в науке и в материальном производстве это открытие может привести.

С пониманием и решением научных проблем связаны научные открытия * или такие результаты научных исследований, которые обогащают науку знанием принципиально новых фактов [4] (например, открытие электрона и других элементарных частиц, радиоактивности и т. д.), новыми принципами (например, принципами сохранения массы, энергии, заряда и т. д.), законами и теориями. Любое открытие в науке осмысливается

---

* В нашу задачу не входит разбор так называемых случайных открытий. Однако следует заметить, что они являются случайными только по отношению к тем или иным конкретным целям познавательной деятельности исследователей, но не по отношению к научным проблемам вообще.

и оценивается с точки зрения всей системы научных знаний, исторически сложившихся направлений научных исследований, методов и средств познания.

В истории стихийно-эмпирического процесса познания тоже были важные открытия: изобретение колеса, паруса, водяной и ветряной мельницы, открытие и освоение новых продуктов питания, лекарственных трав и т. д. Знания, содержащиеся в трудовых рецептах, могут обладать большой степенью точности; благодаря этому и возможно использование их в практических действиях и передача другим людям. Значительная часть таких знаний выражается в виде пословиц и поговорок. Известный американский математик Д. Пойа в книге «Как решать задачу» пишет, что «имеется множество поговорок, характеризующих с поразительной точностью типичные пути решения задач, остроумные, основанные на здравом смысле приемы, обычные уловки и обычные ошибки. В пословицах много проницательных и даже тонких высказываний, но, разумеется, они не составляют стройной и последовательной научной системы» [5]. Д. Пойа выделяет прежде всего пословицы и поговорки, в которых аккумулирован опыт решения разнообразных задач: составление плана, изыскание средств решения, выбор из ряда возможных путей именно того, по которому следует вести решение [6]. Наряду с ними важную роль играют пословицы и поговорки, обобщающие социальный опыт людей, представления о прошлой истории и т. д.

Однако подобные открытия и знания нельзя рассматривать как результат решения сознательно поставленных проблем. С другой стороны, сами они не подвергались в последующем какому-либо систематическому изучению; исходя из них, не искали возможных следствий, обогащающих знания, а также методы и средства их получения. Недостаточно четкое различение знаний и практических действий мешало изучению возможных практических приложений тех или иных открытий. Наконец, в повседневной познавательной деятельности не существует каких-либо критериев для формулирования и проверки знаний.

Напротив, систематическое изучение всех этих вопросов является важной предпосылкой познавательной деятельности исследователей и развития науки в целом. В научном исследовании к формулированию знаний предъявляются определенные требования. Ученому необходимо изучать и знать условия и предпосылки, которые влияют на объективную истинность научных знаний; определенные требования предъявляются к формулированию закона, к построению теории и гипотезы. Эти требования исторически изменяются, но на каждом этапе развития науки исследователи исходят из них. Исследователям в современной науке приходится оперировать огромным объемом знаний, которые нельзя эффективно использовать без тщательного анализа. Поэтому требования, предъявляемые к формулированию и эмпи-

рической проверке научных знаний, становятся особенно важными.

В науке каждый выделенный и изучаемый объект описывается и объясняется при помощи особых систем понятий. Их познавательная роль огромна. Без них невозможно включать объекты в исследование, формулировать проблемы, вести целенаправленное и систематическое изучение, строить объяснение, логически обосновывать и эмпирически проверять полученные знания.

Научные знания обладают следующими основными особенностями:

1) специфическим характером, т. е. они относятся к конкретной предметной области (к выделенным фактам, их характеристикам и т. д.);

2) эмпирической проверяемостью, т. е. такими свойствами, которые позволяют при помощи выработанных в науке методов и средств познания установить конкретную степень достоверности и точности знаний;

3) системностью или такой логической зависимостью между понятиями внутри отдельной системы знаний и между различными системами знаний, которая создается и проверяется при помощи конкретных логических средств познания (правил построения определений, выводов, доказательств и т. д.). В разработке и формулировании системного характера научных знаний важную роль играют математические средства познания. Теоретические зависимости, сформулированные в математическом виде, получают однозначное количественное выражение; ис-

пользуемые математические аппараты становятся средством построения логических выводов.

3. Познавательные задачи в научном исследовании

Повседневная познавательная деятельность, по-видимому, не расчленяется на конкретные виды познавательных задач, в ней не существует каких-либо разработанных планов или схем получения знаний об изучаемых объектах, сознательно привлекаемых методов познания.

В научном исследовании разграничение познавательных задач играет принципиально важную роль. Познавательные задачи можно в самом общем виде определить как необходимые этапы на пути решения научных проблем. Они формулируются как конкретные целевые установки, благодаря которым решение проблемы расчленяется на отдельные познавательные шаги, совершаемые в той или иной сознательно принимаемой последовательности и при помощи соответствующих методов познания. Познавательные задачи организуют все действия исследователей в единую целенаправленную систему, что позволяет контролировать и согласовывать друг с другом результаты, получаемые на различных этапах исследования. Каждому виду познавательных задач соответствует определенный состав познавательных действий как с объектом, так и со знаниями

о нем, те или иные средства и методы познания.

Ошибочно предъявлять одни и те же требования к практическим познавательным действиям с изучаемыми объектами и к операциям с различными видами научных знаний об этих объектах; в свою очередь, необходимо различать операции со знаниями и с логико-математическими средствами познания. С дифференциацией познавательных задач связано знание условий, необходимых и достаточных для изучения объектов и формулирования различных видов знаний. Благодаря всему этому ученый может планировать само исследование, контролировать свои познавательные действия и получать желаемые результаты на каждом конкретном этапе исследования.

Особенно важную роль играют три вида познавательных задач: эмпирические, теоретические и логические.

Эмпирические познавательные задачи состоят в выявлении, тщательном изучении и точном описании фактов об изучаемых объектах. Выделение и отбор фактов, характеризующих те или иные объекты, является очень важным этапом в научном исследовании. Никакие размышления не могут заменить этот вид познавательной деятельности. В истории науки для решения эмпирических познавательных задач разрабатываются особые методы познания: наблюдение, эксперимент, измерение. Наблюдение — это такой метод познания, когда ученый не может или не желает вмешиваться в поведение изучае-

мого объекта; он лишь фиксирует его свойства, характеристики, изменения и т. д. Наблюдение широко используется в астрономии, медицине, психологии и других науках. В эксперименте как особом методе познания ученый сознательно вмешивается в поведение изучаемого объекта; для этого он при помощи материальных средств познания создает новые условия или варьирует ими с целью выявления свойств, характеристик, зависимостей и других особенностей объектов. В эксперименте исследователь может целенаправленно изменять изучаемые объекты и даже создавать новые объекты. Этот метод позволяет выявлять, каким образом изменение одной величины вызывает изменение других величин, а следовательно, и предсказывать такие изменения. Измерение — это метод получения количественных данных об изучаемых объектах. Выявление количественных характеристик не является самоцелью; на этом исследователь никогда не останавливается. В научном исследовании важно использовать количественные данные для получения новых фактов, для выявления и изучения новых зависимостей, для формулирования законов, построения теорий и гипотез. Всякое измерение можно рассматривать как особый вид сравнения зафиксированных характеристик с теми или иными принятыми шкалами, мерами, символами. Измерение включает прежде всего два вида относительно самостоятельных познавательных действий: численную оценку измеряемой величины и эмпирическую проверку надеж-

ности или объективности измерений. Всякое измерение должно исходить из точно определенной системы единиц, при помощи которых оно производится.

Эмпирические методы познания имеют ряд общих особенностей: а) они привлекаются для изучения уже выявленных и включенных в научные исследования объектов или для выявления и фиксирования предполагаемых объектов; б) они обязательно предполагают те или иные практические операции как с самими изучаемыми объектами, так и с используемыми материальными средствами познания; в) результаты наблюдений, экспериментов и измерений всегда вводятся в научное исследование при помощи такого языка, который позволяет точно фиксировать наблюдаемые характеристики, состояния, изменения и т. д.; чаще всего это делается в виде описания выявленных фактов.

Решение эмпирических познавательных задач требует огромных усилий, навыков и терпения исследователей. Иногда уходят многие годы на получение и проверку новых фактов. В качестве таких примеров чаще всего приводят обнаружение новых элементарных частиц в квантовой физике или наследственного вещества в генетике. В сущности с этими трудностями исследователи сталкиваются во всех науках — в истории, социологии, биологии, химии и т. д. Очень часто в науке обнаружение новых фактов ведет к открытию новых объектов (открытие радиоактивности на основании затемнения фото-

пластинок и т. д.). Такие открытия получили название эмпирических[7], и они играют очень важную роль. Например, открытие и последующее изучение лучей Рентгена (1895 г.), явления радиоактивности (1896 г.), электрона (1897 г.) положили начало переходу от классической физики к современной и всему современному естествознанию в целом.

Многие эмпирические открытия не только вводят новые объекты и новые факты в научное исследование; часто они становятся исходным пунктом разработки новых материальных средств познания. Таковыми стали, например, лучи Рентгена, радиоактивность, катодные лучи и т. п. Они позволили провести ряд сложных наблюдений, измерений, экспериментов, которые во многом определили развитие всего современного естествознания. Тщательное изучение отклонений катодных лучей под воздействием магнитных полей дало возможность Дж. Дж. Томсону установить отношение заряда электрона к его массе $\left(\frac{e}{m}\right)$. Важным этапом в развитии физики были эксперименты Милликена, позволившие найти величину заряда электрона. Вслед за этим, на основании ранее установленного отношения заряда электрона к его массе, была определена масса электрона. Все последующее развитие исследований в физике опиралось на эти факты. И. П. Павлов не только открыл существование условных рефлексов — он сделал их исходным пунктом объективного изучения психофизиологи-

ческих процессов. История развития любой науки во многом определяется такими открытиями.

Цели теоретических познавательных задач, или теоретического изучения, получают различное истолкование как среди самих исследователей, так и в философии. Это не случайно. Вместе с расширением и уточнением систем знаний, с открытием и изучением качественно новых объектов изменяются представления о характере и критериях этого вида познавательных задач. Еще Энгельс отмечал, что в каждую эпоху продукты теоретического мышления принимают исторически конкретную форму [8]. Для анализа теоретических познавательных задач и теоретических знаний разрабатываются различные принципы, критерии и методы. Однако при всем разнообразии подходов у этого вида познавательных задач можно выделить общие особенности. Во-первых, эти задачи связаны с выявлением и изучением конкретных причин, связей, зависимостей, взаимодействий, позволяющих объяснять поведение изучаемых объектов. В этом смысле теоретические познавательные задачи, так же как и эмпирические, имеют дело с реальными объектами. Во-вторых, в решении этого вида задач исследователь всегда вынужден выходить за пределы непосредственно наблюдаемых характеристик. Он строит и обосновывает предположения о конкретных причинах, или «механизмах», которые вызывают наблюдаемые изменения, а следовательно, дают возможность объяснять установленные факты.

В-третьих, исследователь формулирует теоретические знания в таком виде, который позволяет эмпирически проверить их. Это одинаково относится к закону, теории или гипотезе.

В решении теоретических познавательных задач важную роль играют логические методы познания: анализ, синтез, аналогия, моделирование и др. Объяснение наблюдаемых изменений или установленных фактов в этом случае совершается логическим путем *, для чего приходится строить разнообразные предположения, разрабатывать гипотезы, искать новые идеи, подходы и т. д. Такие познавательные действия совершаются в виде систем умозаключений, опирающихся на полученные знания и факты. Здесь исследователю приходится преодолевать немалые трудности. Никакие теоретические предположения однозначно не заданы характером наблюдаемых изменений или установленных фактов; нет логически однозначных путей и методов введения таких предположений. Каким же образом можно разграничивать теоретическое изучение объектов от спекулятивных рассуждений по поводу этих объектов? Как избежать произвольных рассуждений? Исследователю необходимо иметь четкие критерии для выделения того вида

* Под логическим мы будем понимать такое оперирование знаниями и логико-языковыми средствами их выражения, которое позволяет получать новые знания, не обращаясь после каждого шага рассуждений к эмпирической проверке умозаключений.

познавательных задач, которые являются теоретическими. И в таком случае принципиально важным становится знание условий и предпосылок, при которых выход за пределы наблюдаемых изменений и установленных фактов нужно рассматривать как продолжение изучения объектов, т. е. как теоретическое исследование. И наконец, ученому необходимы критерии, позволяющие отличать теоретические знания от спекулятивно-идеалистических систем понятий.

В истории науки сложился ряд методологических требований к пониманию и решению теоретических познавательных задач. Эти требования в той или иной форме усваиваются и передаются учеными в процессе научно-исследовательской деятельности. В научных школах и коллективах часто складываются традиции в истолковании «теоретического познания», «теоретического мышления», «теоретических подходов» и т. д. В самом общем виде эти требования можно выразить следующим образом:

1. Теоретическое изучение всегда направлено на реальные объекты; не может быть «беспредметного» исследования.

Чаще всего это требование ученые принимают без какого-либо методологического разбора, интуитивно — как нечто бесспорное. Однако по мере развития науки познавательная деятельность ученых претерпевает существенные изменения: в научное исследование включаются качественно новые объекты, увеличивается объем знаний, который необходимо учитывать исследователю,

совершенствуются средства познания, используемые при решении познавательных задач, и т. д. Поэтому выполнение этого на первый взгляд ясного требования в реальной познавательной деятельности приобретает нетривиальный смысл. Интуитивное принятие целей и познавательных возможностей теоретического изучения нередко становится причиной методологической неопределенности во взглядах самих исследователей.

Эта проблема требует особого разбора. Мы здесь ограничимся только одним примером. Известно, что исходным для всей классической физики был принцип делимости каждого физического процесса: любой из них рассматривался как состоящий из непрерывного ряда частных процессов. Поэтому полагали, что количественная зависимость исходных параметров механической системы (массы, импульса и т. д.) не изменяется при переходе к сколь-угодно малым и большим массам и скоростям. Отсюда вытекало, что исследователь может, по крайней мере путем логического анализа, последовательно изучить все частные процессы и таким образом объяснять свойства процесса в целом. Названный принцип вплоть до XX в. играл очень важную роль в понимании и решении теоретических познавательных задач; основанный на нем логический анализ объектов и считался теоретическим изучением. В сущности, это означало, что можно изучать или искать новые факты, не изменяя теоретического понимания природы объектов.

Этим принципом в течение некоторого времени руководствовались исследователи, изучая и объясняя явления микромира. Тогда и в самом деле «орбиту электрона можно мыслить как непрерывный ряд небольших перемещений; электрон с данным зарядом — как состоящий из частиц с меньшими зарядами» [9]. Но именно такой подход оказался несостоятельным. Обнаружилось, что ошибочно рассматривать микропроцессы как делимые на однообразные частные процессы в пределах одного и того же качества. Природа микропроцессов предполагает строго определенные количественные характеристики. Пришлось пересмотреть сам принцип, согласно которому параметры любой системы могут иметь сколь-угодно большие и сколь-угодно малые количественные характеристики. В квантовой физике, как отмечает профессор В. Вайскопф, «мы находим новые качества там, где ожидали количество»; квантовая физика открыла индивидуальные квантовые состояния, каждое из которых образует неделимое целое до тех пор, пока на них не воздействуют внешние силы [10].

Эти открытия квантовой физики вызвали серьезный пересмотр таких понятий, как дискретность, делимость, часть, целое, простое, сложное и т. д. Они потребовали более глубокого изучения характера теоретических познавательных задач в научном исследовании. Очевидно, недостаточно лишь провозгласить, что не может быть беспредметного теоретического изучения. Необходимы тщательный анализ и соблюдение тех предпосы-

лок, при которых логическое рассуждение оказывается действительным теоретическим исследованием. Принцип бесконечной делимости, сформулированный в классической физике, фактически вел к отождествлению умозрительных и теоретических рассуждений. Вместо выделения и изучения конкретных структур, предметам «приписывалось» такое содержание, которого они в действительности не имели. К таким же следствиям вел принцип непрерывности всех изменений в материальном мире. И его пришлось пересмотреть в связи с открытием кванта действия.

2. В формулировании и решении теоретических познавательных задач необходимо исходить из детерминистической концепции. Исследователи, как правило, уделяют этому требованию очень большое внимание. В самом общем виде его можно сформулировать следующим образом: поскольку в материальном мире существуют зависимости одних явлений, процессов и свойств от других, то в теоретическом изучении необходимо искать именно эти зависимости; научное объяснение в конечном счете состоит в том, что одни конкретные явления, процессы, свойства или характеристики ставятся в точно формулированную зависимость от других конкретных явлений, процессов, свойств, характеристик. Именно на этом пути наука добилась огромных успехов. Наглядно это видно на законах классической механики и физики. Возьмем, например, второй закон Ньютона: сила равна массе, умноженной на ускорение ($F=m\cdot a$).

Здесь «сила» (F) ставится в зависимость от других параметров — «массы» (m) и «ускорения» (a). Математическое выражение закона показывает, что зависимость эта носит строго однозначный количественный характер и поэтому позволяет на основании одних точно предсказать количественные характеристики других параметров. В законе М. Планка излучение энергии ставится в зависимость от частоты света (ν) и от вновь открытой постоянной величины, названной в честь Планка (h) : $E = h \cdot \nu$. В специальной теории относительности энергия ставится в зависимость от электромагнитной массы и скорости света: $E = mc^2$. Теории создаются прежде всего для объяснения этих зависимостей. Так исходные понятия и их зависимость, сформулированная во втором законе Ньютона, получают объяснение в рамках классической механики, зависимость, сформулированная законом М. Планка,— в теориях квантовой физики, открытая А. Эйнштейном — в частной (специальной) теории относительности.

Познавательная роль детерминистической концепции огромна. Она ориентирует на поиск, изучение и формулирование таких зависимостей, которые можно проверять при помощи эмпирических методов познания. В основе любого систематического и целенаправленного теоретического изучения обязательно лежит та или иная детерминистическая концепция. И чем сложнее объект по своему строению, тем важнее ее познавательная роль. Причем во многих случаях недо-

статочно опираться на такую концепцию интуитивно: ее следствия и связанные с нею познавательные действия приходится делать предметом специального изучения. Именно здесь ученые сталкиваются с большими трудностями и вынуждены обращаться к теоретико-познавательным и прежде всего к логико-методологическим исследованиям.

В XVIII—XIX вв. сложилась детерминистическая концепция, в основе которой лежали идеи классической механики — так называемый механический детерминизм. Согласно этой концепции, все изменения в материальном мире совершаются непрерывно; положение и скорость частицы (при данных внешних условиях) в любой момент времени однозначно задают положение и скорость частицы в каждый последующий момент времени; в любом процессе изменения каждое последующее состояние однозначно задается предыдущим состоянием, поэтому весь процесс можно точно описать и объяснить в понятиях классической механики и разработанной на ее основе классической физики.

Идеи механического детерминизма лежали в основе всего естествознания вплоть до XX в. Они играли важную познавательную роль в выделении, изучении и объяснении огромного количества фактов. Многие поколения ученых усваивали их и использовали без какого-либо критического анализа.

Развитие естествознания в XX в. потребовало пересмотра этих идей. С ними не согласовывались многие новые открытия. Было установлено, что процесс радиоактивного

распада никоим образом не связан с внешними, тем более механическими, воздействиями и совершается не по динамическим, а по статистическим законам. Был открыт дискретный характер многих физических процессов — излучения, поглощения и т. д. Квантовая физика открыла и исследовала большое количество микрочастиц, имеющих особую природу, и обнаружила тождественность однотипных частиц по таким признакам, как заряд, масса, спин; были выявлены индивидуальные квантовые состояния в микромире и т. д.

Вот почему в современной науке изменяется и уточняется понимание детерминизма, он подвергается специальному изучению как естественниками, так и философами. Имели место попытки идеалистического истолкования и пересмотра механического детерминизма. Мах, Пуанкаре и другие ученые и философы пришли, например, к отрицанию закономерностей в природе. Они пытались доказать, что законы, открываемые наукой, являются лишь удобной и краткой формой упорядочения опыта. В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм» подверг эти попытки глубокой критике. Он показал, что нельзя отбрасывать материалистическую традицию естествознания XVIII—XIX вв., а необходимо ее обосновывать и развивать в связи с новыми открытиями [11]. Изучение открытых наукой XX в. объектов не может основываться только на традициях и навыках предыдущей эпохи. Исследователь теперь не может обойтись без новых, созна-

тельно принимаемых установок как об изучаемых предметах, так и о своей собственной познавательной деятельности и ее результатах. Именно здесь исключительно важную роль играет концепция детерминизма. Новые открытия приводят к изучению новых видов детерминистических зависимостей в мире — статистических и вероятностных, структурных и т. д. Они объективно существуют, как и те, которые формулируются в виде динамических законов, и должны войти в современное понимание детерминизма.

3. В любом теоретическом изучении исследователи обязательно исходят из наличных знаний. Эти знания могут существовать в виде сформулированных научных проблем, законов и теорий, гипотез и описания фактов и т. д. Способы включения наличных, или исходных, знаний в познавательную деятельность исследователей нуждаются в серьезном изучении. Остановимся лишь на некоторых из них.

Нередко законы, установленные для одних частных случаев, применяют для объяснения других случаев, где действие этих законов еще не обнаружено или вообще не предполагалось. Таким образом устанавливались, например, законы распространения света в различных средах. Некоторые законы, характеризующие частные явления, распространяют на все явления природы. Например, законы сохранения (заряда, импульса, материи, энергии и т. д.) прилагают ко всем явлениям и начинают рассматривать как особые принципы, свойственные всем

материальным изменениям. Часто одни законы становятся исходным пунктом открытия других законов и явлений. Так, ньютоновский закон тяготения позволил с большой степенью точности определить скорость распространения света еще в XVII в.[12] и сыграл важную роль в разработке гипотезы, приведшей к открытию планеты Нептун [13]. Иногда новые теории разрабатываются как логическое следствие уже известных теорий.

Во всех способах обращения к исходным системам знаний ученый принимает их в качестве отправного пункта новых исследований. Что же это означает? Какие конкретно проблемы здесь решаются?

Исследователь, принимая ту или иную теорию, признает, что в изучаемой предметной области сохраняют силу те зависимости, которые выявлены, изучены и сформулированы данной теорией. Знания об этих зависимостях он и делает исходным пунктом новых познавательных действий. Признавая важность такого подхода к исследованиям, ученые не всегда осознают его методологический смысл. Между тем развитие науки за последние 70—80 лет показывает важность именно методологического анализа. Принять какую-либо теорию в качестве основы для дальнейших исследований — значит принять ее исходные принципы и рассуждать о данной предметной области в понятиях этой теории. Если, например, исследователь в изучении света исходит из волновой теории, то для него ключевыми будут понятия, описывающие и объясняющие волновые свойства све-

та: «волна», «дифракция», «интерференция» и т. д. Если же он исходит из корпускулярной теории, то использует другие ключевые понятия: «луч света», «прямолинейное распространение света», «частица» и т. д. И в том и в другом случае он принимает разработанный понятийный аппарат, теоретические идеализации и другие особенности, свойственные данным теориям. Это означает, что в решении познавательных задач он будет искать методы выражения всех свойств, взаимодействий, зависимостей, в том числе и новых, при помощи уже сформулированных принципов и теоретических понятий.

Принятие той или иной системы знаний означает также, что новые понятия будут вводиться и определяться, исходя из понятий и через понятия данной системы знаний. Если в исходной системе разработан соответствующий математический аппарат, то исследователь будет использовать его для количественного выражения изучаемых величин и зависимостей.

Однако именно в использовании исходных знаний исследователи могут столкнуться с трудностями, неудачами и ошибками. Разберем один пример. Многие теоретические положения классического естествознания рассматривались как твердо установленные и не подлежащие критическому разбору или пересмотру. Напомним два из них: «время и пространство не зависят друг от друга», «атомы неизменны». Эти теоретические положения привлекались для объяснения многих

явлений, к изучению которых наука приступила в конце XIX и начале XX в.: микрочастиц и микропроцессов, явлений излучения и поглощения и т. д. При этом возникла масса трудностей и противоречий. Нильс Бор пытался преодолеть их при помощи так называемого принципа дополнительности. В конечном счете пришлось отказаться от этого пути.

Поиск же других путей объяснения привел к новым гипотезам и теоретическим положениям. Вместе с тем начинается критический разбор исходных принципов классического естествознания. Это был огромный прогресс в развитии не только естествознания, но и методологии и логики науки.

В XVII—XIX вв. исследователи были убеждены, что прогресс науки состоит в выявлении новых фактов и объяснении их при помощи точно сформулированных, неопровержимых и принятых в науке теоретических положений, в том числе и тех, которые мы привели выше. Целые поколения ученых принимали их и руководствовались ими в своих научных исследованиях. Ко всякому критическому разбору принятых положений ученые той эпохи относились осторожно и недоверчиво. Считалось, что заложен такой фундамент в системе научных знаний, который можно только надстраивать, но не разрушать или ставить под сомнение. В течение длительного времени складывалось представление, будто в общем и целом уже известны и решены все наиболее важные проблемы методологии науки.

Критический разбор ранее принятых в науке теоретических положений неизбежно столкнул ученых с новой, ранее неизвестной методологической проблемой: с систематическим изучением самих научных знаний. В истории науки и в истории философии специальные методы такого изучения не были разработаны. Начинания же Лейбница и Декарта не были продолжены сколько-нибудь серьезными и систематическими исследованиями.

Лишь в XX в. разрабатываются специальные методы анализа научных знаний и особенностей языка науки. В то же время обнаруживается, что в фундаменте так называемого классического естествознания имеется немало некритически принятых допущений, принципов, немало бездоказательных экстраполяций и т. д. Эйнштейн в специальной теории относительности критически рассмотрел такие важные для классической механики допущения, как «одновременность событий», «абсолютное пространство» и «абсолютное время», «мгновенное действие тел друг на друга на расстоянии» и т. д. В ньютоновской механике одновременность событий постулировалась без серьезного изучения и обоснования; ошибочно говорить об одновременности, отвлекаясь от наблюдателей, средств связи между ними и приборов, при помощи которых можно фиксировать сигналы и т. д. Так называемое абсолютное пространство и абсолютное время вводились в ньютоновской механике иным путем, чем относительное пространство и время. Сам Ньютон сознавал эту непо-

следовательность, но преодолеть ее не смог. Абсолютное пространство и абсолютное время невозможно было ввести в теорию на опытных основаниях, получаемых в наблюдении, измерении и эксперименте. В связи с открытием индивидуальной природы микрочастиц и квантовых состояний принципиально пересматривается также и положение о неизменности атомов.

Логико-методологический анализ принятых в науке теоретических положений получает ошибочное освещение и истолкование у представителей субъективно-идеалистических школ. Относительность научных знаний начинают истолковывать только как их субъективность. Среди некоторой части ученых распространяется ошибочное понимание не только характера научных знаний, но и самой познавательной деятельности. Все это показывает, насколько важно изучение способов использования исходных знаний в решении теоретических познавательных задач, методов анализа научных знаний вообще. Привлекая те или иные исходные системы знаний, исследователь должен проделать большую работу по отделению объективно истинных утверждений от гипотетических. В научном исследовании нельзя смешивать выводы из установленных, проверенных и из гипотетических знаний, возможные логические выводы и эмпирически проверяемые следствия. Такое разграничение необходимо при формулировании проблем, решении эмпирических и теоретических познавательных задач, логическом обосновании систем зна-

ний, при планировании и осуществлении эмпирических познавательных действий.

Здесь мы подошли к логическим познавательным задачам, которые приходится решать исследователю в любом научном исследовании. В самом общем виде можно выделить два вида таких задач: 1. Логические задачи, имеющие место в дедуктивных науках, и прежде всего в математике и логике. 2. Логические задачи, специфичные для так называемых эмпирических наук, где решающую роль в получении знаний играют наблюдения, измерения, эксперименты.

Дедуктивные системы, как правило, строятся при помощи символических языков. В таких системах взаимоотношения между различными видами высказываний, множеств, аксиом и выводов из них и т. д. выражаются на языке формул. Все логические задачи связаны здесь с решением трех основных проблем: а) каким логическим требованиям должны удовлетворять системы аксиом или постулатов, исходя из которых строятся те или иные символические системы, б) каким требованиям должны удовлетворять правила логического оперирования знаками в рамках таких систем, в) каким логическим требованиям должно удовлетворять построение выводов и доказательства в этих системах. Выделение и изучение этих логических задач, методов и средств их решения, независимо от тех или иных практических приложений символических систем, было большим прогрессом в развитии науки. Глубокому и систематическому изучению они

подвергаются в современной математической, или символической, логике и в той части математики, которая специально рассматривает основания математики. Решение логических познавательных задач в истории математики и логики приводило к важным логическим открытиям. Среди них можно назвать «Начала» Евклида, силлогистику в аристотелевской логике, неевклидовы геометрии, разработку разнообразных символических языков, которые позволили, в частности, конструировать и использовать современные электронно-вычислительные машины.

И в эмпирических науках исследователям приходится использовать дедуктивные, или символические, системы. Наиболее наглядно это видно на широком применении математических аппаратов в механике, физике, химии, биологии, социологии. Ученый должен хорошо знать возникающие здесь логические проблемы, возможности и особенности применения математических аппаратов. Однако в эмпирических науках имеют место и другие логические задачи. От глубокого понимания и правильного их решения во многом зависит успех научного исследования. Речь идет прежде всего о трех группах логических задач:

а) Логический анализ научных знаний. С этой задачей исследователь сталкивается тогда, когда обращается к исходным знаниям для формулирования проблемы, разграничения точно установленных знаний от гипотетических, отбора и анализа терминологии, ее приходится решать и тогда, когда нужно

принять или выделить какую-либо теорию в качестве исходного пункта дальнейших исследований, особенно если изучаемый предмет уже получил объяснение при помощи нескольких различных теорий.

Целью анализа научных знаний становится изучение суждений или систем суждений, которые являются носителями знаний и которые можно использовать в новых рассуждениях и других познавательных действиях. Все эти задачи решаются логическим путем или при помощи логических методов анализа. Такие методы специально изучаются и разрабатываются современной методологией и логикой науки. Они позволяют установить, чем является в той или иной системе знаний данное утверждение (исходным принципом, гипотезой, выводным знанием и т. д.), насколько выполнены формальные требования, позволяющие эмпирически проверять данную систему знаний. Отсутствие навыков логического анализа научных систем часто создает трудности в оценке и эмпирической проверке выдвигаемых гипотез, предлагаемых теорий, формулируемых законов. Нередко вследствие этого любое научное предположение сразу именуется гипотезой, самые широкие обобщения — законом, систематизированные рассуждения — теорией.

б) Логические задачи, возникающие в самой организации научного исследования. Характер логических шагов, которые исследователь совершает на том или ином этапе своей деятельности, еще мало изучен совре-

менной методологией и логикой науки. Несомненно, в научном исследовании широко используются дедуктивные (особенно в математических рассуждениях) и индуктивные умозаключения; большую роль играют умозаключения по аналогии. Любая теоретическая задача становится для ученого также и логической задачей; он должен выразить цель своего поиска в такой форме, которая давала бы ясное понимание системы познавательных действий и позволяла строить рассуждения в виде логически организованной системы аргументов. С этим связаны также выбор и формулирование исходных теоретических понятий и принципов. Именно здесь логические неточности и неопределенность могут затруднять контроль за характером логических шагов в научном исследовании.

в) Логические задачи, встающие при построении теорий, формулировании законов и разработке гипотез. В эмпирических науках к разработке таких систем знаний предъявляются как логические, так и гносеологические требования.

С логической точки зрения, все термины, понятия и знаки, используемые исследователем в формулировании гипотез, законов и теорий, должны вводиться с однозначным смыслом при помощи тех или иных правил определения; внутри разрабатываемой системы знаний все термины, понятия и знаки должны находиться в однозначной связи друг с другом. Например, в классической механике движение тел определяется как изменение

их положения в пространстве; скорость как быстрота изменения их положения в пространстве или как отношение пути ко времени, в течение которого движущееся тело проходит этот путь; равномерное движение — как движение с постоянной скоростью и т. д. Логическое определение одних понятий при помощи других является существенной особенностью научных систем знаний. В основе этой особенности лежит выяснение и изучение объективной зависимости между выделяемыми свойствами, характеристиками, параметрами. Возможность выражать и находить одни характеристики, в особенности количественные, при помощи других было большим открытием науки. В связи с ним и разрабатываются логические требования к построению научных систем знаний.

Гносеологические требования можно выразить следующим образом: 1. Все системы знаний, создаваемые для объяснения реально существующих объектов — механических, физических, химических, биологических или социальных — должны получать эмпирическую проверку. 2. Точно установленные факты являются конечным пунктом эмпирической проверки объективной истинности любой научной системы знаний. 3. Вводимые термины, знаки (символы) и понятия должны находиться в однозначном отношении к фактам, их характеристикам, к предполагаемым свойствам и зависимостям в изучаемых объектах.

Эти требования играют принципиально важную роль в развитии так называемых эм-

пирических наук. Помимо эмпирической проверки, никаким другим образом невозможно установить, является ли данная система понятий объективно-истинной теорией или спекулятивной системой (теологической, объективно-идеалистической, натурфилософской и т. д.). Эмпирическая проверка возможна только в том случае, если разработанная система знаний относится к специфической предметной области, т. е. имеет реальный объект, включенный в научное исследование в виде точно установленных фактов. Как получение фактов, так и проверка объективной истинности знаний при помощи фактов обязательно предполагают практические познавательные действия. Исследователь не может останавливаться здесь на чувственных данных. Показания органов чувств, вне целенаправленных практических действий в наблюдении, эксперименте и измерении, нельзя рассматривать как конечный пункт эмпирической проверки. Любое практическое действие, в том числе и в научном исследовании, включает активное вмешательство в естественное бытие изучаемых объектов. Для этого используются орудия труда или материальные средства познания, что обязательно предполагает взаимодействие материальных тел, совершающееся по законам, независимым от законов функционирования органов чувств. Эти органы «включаются в ситуацию», создаваемую взаимодействием орудий и предметов труда, материальных средств познания и познаваемых объектов, и фиксируют изменения, которые возникают в ре-

зультате таких взаимодействий. Именно здесь обнаруживается большая познавательная роль практики в получении фактов и в эмпирической проверке научных знаний.

В каком смысле факты необходимо рассматривать в качестве конечного пункта эмпирической проверки знаний? Это, разумеется, не означает, что установленные факты исчерпывают все содержание изучаемых объектов или не подлежат никакому дальнейшему уточнению. Они образуют водораздел между выявленной и зафиксированной частью содержания изучаемого объекта и лишь предполагаемой в виде гипотез. Предполагаемое или неустановленное содержание не может выполнять гносеологическую функцию фактов при эмпирической проверке законов, теорий, гипотез. С другой стороны, нельзя смешивать логическую систему аргументов, исходящую из каких-либо принципов, с эмпирической проверкой. С таким смешением мы встречаемся в классическом естествознании. М. Планк отмечал, что некоторые положения в ту эпоху («атомы неизменны», «время и пространство не зависят друг от друга», «все динамические процессы непрерывны») «считались вполне очевидными» и «принимались без всякой критики за очевидную основу для всякой новой теории» [14]. Эти положения, при таком понимании, выполняли, в сущности, гносеологическую функцию фактов. В этом смешении сказывалось некритическое отношение к проблемам методологии науки, а не только к отдельным положениям механики или физики.

Однозначное отношение вводимых терминов, знаков и понятий к выявленным фактам и предполагаемым свойствам принципиально важно для всех познавательных действий, и прежде всего для эмпирической проверки законов, теорий, гипотез. Эта цель обеспечивается применением системы правил и определений. Особенно важную роль играют так называемые семантические и операциональные определения. Они указывают, к каким конкретным предметам, свойствам, характеристикам или познавательным действиям относятся введенные термины, знаки, понятия, и заменяют интуитивно подразумеваемое содержание точным смыслом, задающим характер обращения с объектами и с используемыми средствами познания — материальными, языковыми, математическими. Использование таких правил — одна из самых важных особенностей познавательной деятельности в науке и одно из важных условий эмпирической проверки научных систем знаний.

4. Научное исследование и спекулятивное рассуждение

Изучение существенных различий между научным исследованием и спекулятивными рассуждениями принципиально важно с точки зрения марксистской материалистической методологии. Дело не только в том, что неко-

торые формы спекулятивных рассуждений (натурфилософские, объективно-идеалистические философские системы и т. д.) развивались вместе с наукой и рассматривались часто как особый вид познания. Важнее другое: спекулятивные рассуждения обладают рядом свойств, сходных с научным исследованием. Так, эти рассуждения носят систематический и целенаправленный характер, могут иметь разработанный понятийный аппарат, определенные логические методы познания, помогающие получать те или иные результаты.

Различия между научным исследованием и спекулятивным рассуждением складываются и осознаются исторически. Изучение их очень важно для понимания многих проблем развития современной науки, вокруг них ведется сложная идейно-теоретическая борьба. И сегодня можно встретить утверждение, будто теология всегда была и остается одной из важнейших форм познания. По-прежнему разыскивается сходство между теоретическим изучением предметов в науке и спекулятивными рассуждениями различного рода. В идейной борьбе с современной теологией необходимо раскрывать, почему спекулятивные рассуждения нельзя рассматривать как особый вид познавательной деятельности, а получаемые результаты как знания.

Речь, однако, идет не только о критике попыток теологов выступать от имени науки, использовать ее авторитет. Различение спекулятивных рассуждений и научных исследований необходимо и для развития самой

науки. Ученым нередко приходится вводить такие обобщения, которые в ряде случаев невозможно непосредственно сопоставлять с утверждениями о фактах. Иногда в основу теорий кладутся принципы, при современном состоянии науки еще не поддающиеся эмпирической проверке. В качестве примера чаще всего приводят общую теорию относительности. В действительности то же самое можно сказать о многих теориях и гипотезах в квантовой физике, в субмолекулярной биологии и в других науках. Но в таком случае перед исследователем возникает важная методологическая проблема: каким образом или на каких основаниях возможно отличать подобные теории и гипотезы от спекулятивных систем? При каких условиях гипотеза остается научной, несмотря на крайне абстрактный характер? В решении этих вопросов ученый не может полагаться только на интуицию.

Рассмотрим кратко наиболее существенные различия между научным исследованием и спекулятивным рассуждением.

1. Научное исследование всегда имеет дело с конкретными, или специфическими, объектами. Их выявление — исходный методологический пункт исследования. Объекты включаются в него в виде конкретных эмпирических данных или фактов, к выявлению, изучению и описанию которых в науке предъявляются требования объективности, достоверности, точности и т. д. Эмпирические данные и факты дифференцируются в зависимости от методов их получения: выделяются данные и факты, полученные в экспери-

менте и путем наблюдения. Это различие становится особенно важным при эмпирической проверке гипотез. В научном исследовании недопустимо смешение установленных и лишь предполагаемых или еще не проверенных фактов.

Все эмпирические данные и факты обозначаются при помощи точных терминов или понятий, для чего и используются различные семантические правила. Возьмем, например, понятие «электрон». В современной квантовой физике понятие электрон обозначает устойчивую элементарную частицу с массой, равной $9{,}108.10^{-28}$ г, и отрицательным элементарным электрическим зарядом, равным $e=4{,}8029.10^{-10}$ единиц СГСЕ. В таком определении могут перечисляться и другие признаки — энергия покоя, спин, магнитный момент. Семантические определения устанавливают однозначное отношение между используемыми терминами, знаками, понятиями, с одной стороны, и соответствующими изучаемыми предметами, фактами и т. д.— с другой. Важную роль играют и так называемые операциональные определения, которые показывают, при помощи каких конкретных познавательных действий вводятся те или иные данные или величины (например, измерение длин, расстояний и т. д.). В научном исследовании необходимо выделять не только конкретные объекты, но и конкретные познавательные действия, используемые для получения тех или иных результатов. Чем сложнее познавательные действия с объектами в наблюдении, измерении и эксперименте,

тем важнее замена интуитивно подразумеваемых операций точно сформулированными и однозначно используемыми правилами действий. Благодаря этому и возможно многократное воспроизведение одних и тех же ранее полученных результатов в экспериментах, измерениях и наблюдениях; на этом основывается также возможность эмпирической проверки теоретических знаний в науке.

Со специфическими объектами имеют дело и так называемые дедуктивные науки — математика и логика [15]. Такими объектами являются в математических науках (арифметике, геометрии и т. д.) числа, точки, прямые, множества, функции и т. д., в логике — высказывания, предикаты, логические отношения и т. д., выражаемые при помощи символов или знаков. Относительно таких объектов делают разнообразные наблюдения, соответствующие понятия, термины и знаки вводятся в исследование с точным смыслом благодаря строгим логическим определениям. Все теоретические построения относятся к этим объектам.

Спекулятивные рассуждения не имеют дела с такими реально существующими конкретными объектами; они не основываются на точно установленных фактах. Невозможно располагать какими-либо фактами о существовании бога или абсолютного духа. Натурфилософские рассуждения также не придают существенного значения выделению конкретных объектов и фактов или вообще отвергают этот исходный пункт. Например,

немецкий философ Шеллинг в книге «Введение в умозрительную физику» писал: «...опытность и теория столь противоположны, что их никак нельзя соединить где-либо; посему понятие о *науке опытной* есть понятие, само себе противоречащее...», и далее: «Составляющее чистую опытность не есть наука, и, наоборот, наука не есть опытность...» [16]. Шеллинг видит свою задачу в поиске неких безусловных и конечных причин движения. Он считает, что наука, основывающаяся на эмпирических данных, «осматривает *оболочку* Природы», *«внешнюю ее сторону»* [17]. Последние, или конечные, причины естественных явлений не обнаруживаются в фактах. Следовательно, «надо или отказаться усмотреть их когда-либо или ввести, вставить их в Природу» [18]. Умозрительная физика именно потому становится действительной теорией, утверждает Шеллинг, что она не связывает свои рассуждения с опытными данными.

Расхождения в этом исходном пункте неизбежно проявляются в понимании целей и проблем, формулируемых в научном исследовании и в спекулятивном рассуждении. Цель любого спекулятивного рассуждения — охватить предельно широкий круг вопросов. Древнегреческие мудрецы должны были разбирать все вопросы. Теологи должны были давать объяснение всем событиям — малым и большим, духовным и материальным. В натурфилософских концепциях рассматривается, как правило, вся природа в целом. Эта традиция складывалась, несомненно, под

влиянием социальных потребностей в классово-антагонистических обществах. Единообразное, всеохватывающее объяснение всех явлений в мире должно подавлять, восхищать, успокаивать и ограничивать поиски других возможных объяснений. Именно в таких рассуждениях приучали видеть источник мудрости и духовной мощи, источник знаний и вдохновения. С другой стороны, эта традиция складывается под сильным влиянием объективно-идеалистической гносеологии, которая не ориентирует на выделение и изучение конкретных, или специфических объектов. Она игнорирует познавательные задачи, связанные с поиском и изучением фактов, с использованием эмпирических методов познания.

Цель научного исследования — выделить конкретный объект и, используя разработанные в науке методы и средства познания, получить достоверные знания о его характеристиках, структуре, связях, зависимостях, взаимодействиях и других особенностях. Эти знания могут быть выражены в виде точного описания фактов, в виде гипотезы, закона или теории. Такие знания всегда носят специфический характер, т. е. относятся к конкретному объекту, их можно эмпирически проверить при помощи установленных фактов. Целью научного исследования может быть и проверка отдельных фактов, на что затрачивается иногда огромное количество труда исследователей. Создание более широких теорий основывается в науке на теориях и законах, уже получивших эмпирическую

проверку. Распространение установленных теорий или законов на другие, более широкие предметные области, сопровождается тщательной эмпирической проверкой. Исследователи уделяют большое внимание выявлению условий и сферы действия каждого конкретного закона, каждой теории или гипотезы.

Проблемы, решаемые в спекулятивных рассуждениях, не предполагают какой-либо конкретной координации с соответствующим кругом данных и фактов. В сущности, они формулируются таким образом, что нуждаются не в поисках путей и методов их решения, а лишь в подтверждении при помощи той или иной системы аргументов, они фактически задают направление и конечные результаты логических рассуждений. В теологических трактатах, например, с самого начала постулируется то, что необходимо доказать или обосновать. Эта исходная посылка и определяет цель и построение рассуждения. Все виды доказательства бытия бога строятся по такому образцу. Здесь не ставится цель — выяснить, существует ли бог; теолог видит свою задачу в другом: доказать, что существует. Вера в существование бога объявляется исходной посылкой рассуждения. Любое доказательство должно укреплять эту веру. Теолог заранее знает, к какому конкретному результату он должен прийти. Например, Ансельм Кентерберийский в доказательстве существования бога с самого начала формулирует исходную посылку: бог существует из себя и через себя. Далее следует

рассуждение: бог не произведен какой-либо причиной, так как в противном случае он не был бы высшим существом; не произведен он и самим собой, и он не создал себя из ничего, ибо для этого он должен был бы существовать раньше, чем он существовал; он не произвел себя и из предшествующей материи, ибо в этом случае он был бы обусловлен материей, а это невозможно. Таким же образом дается доказательство особенностей бога — вечности, неизменяемости, простоты, мудрости, справедливости и т. д. Утверждается, например, что бог вечен и не имеет начала и конца, ибо если бы он имел начало, то он был бы создан, а этого не может быть; если бы божественная природа была преходяща, то она не была бы бессмертна, и т. д. Таким же образом строит свои рассуждения и Фома Аквинский [19] и современные теологи.

В натурфилософских рассуждениях также рассматриваются проблемы, которые необходимо логическим путем доказать или обосновать. Например, Шеллинг в названной выше книге видит проблему в поиске такого безусловного предположения о конечных причинах, из которого возможно вывести все естественные явления; на этом пути, по его мнению, «наше знание превращается в построение самой Природы, т. е. в науку о Природе à priori» [20]. Каким образом возникает такая проблема? Из убеждения, что внутреннее строение природы возможно раскрыть только посредством свободного духа [21]. «*Природа существует* à priori, т. е. все в ней предопределено целым или вообще основною ее

идеею. Если Природа существует à priori, то возможно *познать* ее *как* нечто *существующее* à priori; в этом-то и заключается смысл нами утверждаемого»[22]. Разумеется, такую проблему можно выдвигать, обосновывать и решать только спекулятивным путем; она не предполагает обращение к конкретным фактам.

2. В научном исследовании дифференцированно решаются логические, эмпирические и теоретические познавательные задачи. Знания, получаемые при решении этих задач, носят различный характер; их нельзя одними и теми же методами обосновать и проверять; они по-разному используются при построении теорий и гипотез, при формулировании законов.

Каждый вид познавательных задач носит относительно самостоятельный характер. В эмпирических познавательных задачах исследователь может сосредоточивать свое внимание на выделении и изучении фактов об изучаемом объекте, на разработке методов и средств измерения отдельных характеристик, на проверке полученных величин при помощи различных и независимых друг от друга методов измерения и т. д. Все эти познавательные действия обязательно предполагают ту или иную теорию; и чем сложнее объект, тем важнее роль такой теории. Например, выделение и изучение микрочастиц, измерение их характеристик совершается, исходя из современных теоретических знаний в области квантовой механики и квантовой физики в целом. Однако это и н ы е познава-

тельные действия, по сравнению с теми или иными логическими методами использования или получения теоретических знаний.

Теоретические познавательные задачи включают поиск причин и других видов зависимостей, выявление принципов, лежащих в основе изучаемых явлений, формулирование закона, теории или гипотезы. В современной науке наибольшие изменения происходят как раз в характере теоретических познавательных задач и методов их решения. В классическом естествознании сложилось представление, что вначале накапливаются факты, а затем уже возникают теоретические системы знаний. Это представление не вполне соответствовало действительной роли теоретических исследований в поиске новых фактов, и оно постепенно преодолевалось. Развитие теоретических исследований, поиски путей и методов решения новых проблем сами становятся важнейшей предпосылкой научного прогресса, в частности предпосылкой обнаружения новых объектов и фактов (например, в квантовой физике). Ученым приходится разрабатывать теоретические системы, в которых не всегда обнаруживается непосредственная связь с фактами (например, общая теория относительности, ряд теорий в квантовой физике, в субмолекулярной биологии). Вот тогда-то и возникает вопрос, каким требованиям должно удовлетворять теоретическое решение проблемы.

Исходные утверждения в современных теориях формулируются с учетом принципи-

ально важных методологических требований: они должны позволять искать новые объекты и факты, должны ориентировать на поиск и применение новых экспериментов, наблюдений, изменений. Именно здесь видны существенные различия между теоретическими построениями в науке и спекулятивными рассуждениями.

На примере возникновения кибернетики можно проследить познавательную роль этих важных требований. Как известно, первоначально группа исследователей решала практическую проблему управления сложными системами, вставшую во время второй мировой войны. В этой группе были ученые и инженеры, конструировавшие различные виды электронной управляющей аппаратуры; математики, занимавшиеся проблемами теории информации; биологи, исследовавшие процессы и механизмы передачи информации в живых организмах и т. д. Вначале ученые разрабатывали общую теорию управления, как синтез результатов теоретических исследований ряда наук. Однако затем группа, работавшая под руководством Норберта Винера, пришла к выводу, что, в сущности, сделано важное открытие: выделен новый объект изучения — саморегулирующиеся системы. Именно к ним относилась разрабатываемая теория управления. Эти системы и стали объектом исследования новой науки — кибернетики. Теоретически введенное понимание дало возможность рассматривать реально существующие системы как комплекс динамически связанных элементов; с этой

точки зрения стало возможно изучать процессы самоуправления и саморегулирования в разнообразных реальных системах, ввести новую, ранее не известную их классификацию. Математический аппарат, разработанный в теории управления, позволяет выражать изменения в них в виде преобразований формул. Теоретический и логический аппараты ориентировали на поиск и изучение конкретного характера связей в различных типах систем — в биологических, социальных и т. д. Постепенно открывались широкие возможности прикладных исследований, исходя из теоретических представлений кибернетики.

Это научное открытие стало возможно и благодаря тому, что новые теоретические положения кибернетики вводились, исходя из уже проверенных систем знаний в математике, логике, биологии и т. д. Исследователи обращались к логическим методам анализа научных знаний, к использованию и разработке логических средств познания и т. д. Именно здесь обнаруживается важная и относительно самостоятельная роль логических познавательных задач в научном исследовании.

Ни одно спекулятивное рассуждение не может завершаться такими результатами, которые были получены вместе с возникновением кибернетики. Именно поэтому умозрительные рассуждения по поводу каких-либо предполагаемых предметов ошибочно отождествлять с разработкой таких теоретических, логических и математических аппара-

тов, которые позволяли бы выделять и изучать новые специфические объекты и новые конкретные факты. В спекулятивных рассуждениях невозможно провести дифференциацию познавательных задач. Поскольку здесь не вводятся конкретные, или специфические, объекты, а следовательно, и факты, обладающие качественными и количественными характеристиками, постольку объявляются ненужными или несущественными эмпирические познавательные задачи. Принижение или отрицание эмпирических познавательных действий приводит к произвольному истолкованию целей и особенностей теоретического познания; именно поэтому становится возможным любое логически систематизированное рассуждение рассматривать как теоретическое изучение. При таком подходе легко отождествлять теологические, объективно-идеалистические и натурфилософские спекулятивные рассуждения с теоретическими исследованиями в науке.

3. В научном исследовании проводится разграничение между твердо установленными и гипотетическими знаниями. Последние существуют в виде отдельных утверждений, в которых формулируются допущения или предположения, в виде гипотез, дающих логически связное объяснение тому или иному кругу установленных фактов. Формулирование гипотетических знаний должно удовлетворять, с логической точки зрения, тем же требованиям, каким удовлетворяют твердо установленные знания. Однако гипотетические знания по тем или иным причинам

пока еще не получили эмпирического подтверждения или эмпирической проверки. Эти виды знаний нельзя одинаково использовать при формулировании проблем и в разнообразных познавательных действиях, направленных на их решение. Выводы из установленных и гипотетических знаний должны разграничиваться. Смешение их может толкнуть исследователя на ложные пути рассуждений и создавать иллюзию решения проблемы там, где предстоят еще большие поисковые усилия, оно может создавать дополнительные трудности в эмпирической проверке результатов, полученных на той или иной стадии исследования. С другой стороны, в научном исследовании нельзя смешивать возможные логические выводы из тех или иных знаний и эмпирически проверяемые следствия из них. И здесь важно разграничивать твердо установленные и гипотетические знания. Оба эти вида знаний в принципе одинаково позволяют строить те или иные логические выводы, однако они существенно различаются в способах получения эмпирически проверяемых следствий.

Разграничение твердо установленных и гипотетических знаний возможно только тогда, когда сами знания становятся специальным предметом изучения. Для этого и разрабатываются в науке разнообразные методы анализа научных знаний.

В спекулятивных рассуждениях не проводится разграничения между твердо установленными и гипотетическими положениями, между возможными логическими выво-

дами и эмпирически проверяемыми следствиями. Такое разграничение здесь просто невозможно: ни спекулятивно формулируемые проблемы, ни выводы, получаемые на том или ином этапе рассуждения, ни конечные результаты не поддаются какой-либо однозначной (пусть и ограниченной) проверке при помощи фактов.

4. Существенной целью научного исследования является построение объяснения изучаемых фактов, процессов и т. д. Тем или иным объяснением завершаются, как правило, и спекулятивные рассуждения. Однако существуют принципиальные различия между этими видами объяснений. Научное объяснение строится, исходя из разработанных критериев и стандартов, которые лежат в основе требований, предъявляемых к законам, теориям и гипотезам, объясняющим изучаемые факты или явления. Вот почему научное объяснение всегда имеет конкретный или специфический характер и предполагает конкретные эмпирические следствия. Оно строится в рамках особых логико-конструктивных схем, в которых каждый составной элемент можно однозначно истолковывать и использовать в других научных исследованиях, в логических и эмпирических методах познания.

Подобные схемы разрабатываются и используются в научном исследовании и для получения предсказаний. Научные предсказания всегда относятся к конкретной предметной области, поэтому они так же, как и научное объяснение, всегда предполагают

конкретные эмпирические следствия. Благодаря этому можно выделять в науке такие принципы, законы, теории или гипотезы, которые обладают наибольшими предсказательными возможностями. При построении научного предсказания обращается внимание не только на то, какие именно конкретные явления обязательно должны быть получены при тех или иных зафиксированных условиях, но и на то, чего именно не должно наступить при тех же условиях. Если не удается получать такие специфические предсказания, каждый элемент логико-конструктивной схемы подвергают критическому анализу и проверке.

В спекулятивных рассуждениях не разрабатываются и не используются специальные теоретические и логико-математические аппараты, которые позволяют давать однозначные, эмпирически проверяемые научные объяснения и предсказания. Поэтому результаты спекулятивных рассуждений нельзя считать знаниями в строгом смысле. В спекулятивных системах рассуждений невозможно провести различие между действительным объяснением и благопожеланием, между предсказанием и пророчеством, между предвидением и верой. Здесь можно принимать или отвергать объяснения и предсказания только на субъективных основаниях.

Глава IV

Познавательная роль методологии и логики в научном исследовании

Мы показали, что в любом научном исследовании ученому приходится контролировать как свои собственные познавательные действия, так и получаемые результаты. Он обращается в таких случаях к другому предмету — к процессу познания, к своим собственным познавательным действиям.

Научный процесс познания и познавательная деятельность в науке получают объяснение при помощи различных теорий. Исследователю необходимо не только знать эти теории, но и уметь подойти к ним критически. Познавательные возможности таких теорий неодинаковы в решении конкретных проблем и трудностей. Остановимся на некоторых вопросах, где познавательная роль методологии и логики особенно важна.

1. Критические замечания к одной ошибочной концепции

Развитие науки в XX в. сопровождается усложнением не только материальных, но и языковых средств познания. Более широко, чем раньше, ученые используют разнообразные искусственные, или особые символические, языки в физике, химии, биологии и многих других науках.

Использование языка в науке и стихийно-эмпирическом процессе познания существенно различается. В повседневной познавательной деятельности люди, как правило, удовлетворяются точностью, достижимой при помощи естественного языка; они не знают требований и оснований, при которых слова и знаки получают однозначный смысл или точное значение; естественный язык не подвергается здесь какому-либо систематическому изучению. В науке использование языка сознательно и систематически контролируется, строго задаются смысл и значение вводимых слов и знаков, для чего применяются дефиниции, или различные виды логических определений. Не зная этих средств, в науке невозможно прочитать и понять передаваемую словами и знаками информацию. Ученый не может ни вводить, ни принимать, ни отвергать языковые средства только на интуитивных основаниях. Ему необходимо знать и уметь использовать методы введения

слов и знаков с целью познания и выражения знаний, учитывать те основания, опираясь на которые можно задавать и проверять как логическую, так и фактическую, или объективную, истинность утверждений и выводов.

Именно поэтому естественный и различные искусственные языки становятся в XX в. специальным предметом систематического изучения. Важную роль при этом начинают играть средства и методы формальной логики. Внимание многих логиков сосредоточивается на тщательном изучении и разработке символических систем, на выяснении познавательных возможностей таких систем в современной науке. Искусственные языки применяются в качестве особых моделей для изучения свойств естественного языка [1].

Результаты логических исследований познавательной роли языка в науке получают различное истолкование. Особенно большое внимание уделяют этим вопросам представители ряда школ неопозитивизма. Нередко результаты исследований языка они используют для пересмотра исторически сложившейся философской проблематики, с языково-логическими исследованиями они связывают решение многих методологических и логических проблем развития науки. Среди позитивистски настроенных философов широко распространяется убеждение, что изучение языка и методов его использования и составляет основное направление философских исследований. Если прежняя философия не умела ни в своем собственном развитии, ни тем более в развитии других наук отделить

научные проблемы от псевдопроблем, то средства и методы контроля за использованием языка в науке, по их мнению, позволяют решать и эту важную задачу.

Рассмотрим одну из таких концепций, предлагаемую Р. Карнапом — видным философом и логиком. Последовательно Карнап излагает свой взгляд в книге «Значение и необходимость». «Принятие новых объектов,— пишет Карнап,— выражается в языке введением языкового каркаса — новых форм выражений, которые должны употребляться в соответствии с новой группой правил» [2]. И далее: «...введение новых способов речи не нуждается в каком-либо теоретическом оправдании, потому что оно не предполагает какого-либо утверждения реальности. Мы можем все же говорить (как мы и делали) о «принятии новых объектов», поскольку эта форма речи является обычной, но при этом следует иметь в виду, что эта фраза не значит для нас ничего больше, кроме принятия нового языкового каркаса, то есть новых языковых форм. Прежде всего она не должна интерпретироваться как относящаяся к допущению, вере или утверждению «реальности объектов»» [3]. Карнап доказывает, что принятие того или иного языка никоим образом не сталкивает с проблемой реальности изучаемых объектов или с «философскими вопросами, касающимися существования или реальности всей системы объектов в целом» [4]. Вслед за М. Шликом и другими участниками Венского кружка он рассматривает эти вопросы как «внешние» по отно-

шению к познавательной деятельности исследователя и использованию языковых форм. Лишенным познавательного смысла «внешним вопросам» он противопоставляет так называемые «внутренние вопросы», которые возникают вместе с принятием новых языковых форм. Они относятся к изучению «физических состояний», «выбору признаков», «переходу от системы вещей» к «физической системе координат» и т. д. Вопросы такого рода могут быть эмпирическими и логическими; соответственно и правильные ответы на них будут или фактически истинными или аналитическими [5].

Карнап, безусловно, прав, подчеркивая большую познавательную роль языка. Действительно, не приняв того или иного языка, в том числе и новых языковых форм, невозможно формулировать вопросы, строить рассуждения и знания относительно каких-либо объектов. Именно поэтому методы контроля за применением языка являются существенной частью познавательной деятельности в науке. В этом смысле логические исследования языка играют очень важную методологическую роль.

Однако действительно ли использование языка в эмпирических науках никоим образом не связано с гносеологической концепцией о реальности изучаемых объектов? Можно ли разрабатывать теорию значения, изолируясь от гносеологического изучения самой познавательной деятельности в эмпирических науках? Может ли разработка логических методов решить все методологиче-

ские трудности и проблемы? Действительно ли введение новых языковых форм в эмпирических науках не нуждается в каком-либо теоретическом оправдании? Важность этих вопросов вряд ли можно поставить под сомнение. От них нельзя уйти в изучении познавательной деятельности ученых; они являются существенной частью методологии науки и гносеологии в целом.

Рассмотрим некоторые важные вопросы использования языка в эмпирических науках. В любом научном исследовании необходимо разграничивать установленные, или объективно-истинные, и гипотетические знания. Здесь исследователь обязательно прибегает к содержательному разбору языка науки как средства выражения знаний. Логические методы анализа языка науки и научных знаний не могут, однако, дать решения этой задачи,— они являются здесь лишь необходимой исходной предпосылкой. Такую задачу можно выполнить только при помощи логико-эмпирического метода анализа научных систем знаний. Этот метод показывает, каким требованиям должно удовлетворять построение систем знаний, для того чтобы их можно было однозначно сопоставлять с соответствующей предметной областью и проверять при помощи фактов.

Все системы знаний, принципиально допускающие эмпирическую проверку при помощи фактов, должны иметь, по крайней мере, следующие элементы:

1. Исходные принципы или аксиомы, на основании которых строятся все выводы для

объяснения или предсказания специфических явлений. Из объективно-истинных принципов и аксиом можно получить соответствующие эмпирические следствия.

2. Систему логических и математических правил, позволяющих однозначно оперировать понятиями, терминами и знаками в рамках этих систем знаний.

3. Систему утверждений, при помощи которых введенные понятия, термины и знаки однозначно связываются с теми или иными характеристиками изучаемой предметной области — свойствами, связями, зависимостями, взаимодействиями и т. д.

4. Способ построения логических выводов, позволяющий объяснять и предсказывать отдельные специфические явления в данной предметной области некоторым единым образом.

Ни одного из этих элементов, взятого в отдельности, недостаточно для того, чтобы получать предполагаемые эмпирические следствия на основании исходных принципов или аксиом. Лишь все вместе они образуют такую логическую структуру, которая позволяет проводить эмпирическую проверку.

Рассмотрим это на примере второго закона Ньютона. Известно, что закон в науке можно рассматривать как особую систему знаний, при помощи которой строится объяснение или предсказание. Система знаний в виде закона может включаться в более широкую систему знаний — теорию. Так, второй закон Ньютона включается в теорию, называемую классической механикой. Система

знаний в виде отдельного закона может использоваться самостоятельно, когда такой теории пока еще нет.

Согласно второму закону Ньютона, сила равна массе, умноженной на ускорение. Этот закон выделяет такие параметры механической системы, как сила, масса, ускорение, и однозначно формулирует их количественную зависимость друг от друга при помощи математической формулы $F = m \cdot a$.

Каждая математическая формула, используемая в эмпирических науках, есть особый вид утверждения о количественной зависимости между выделенными параметрами. Подобные утверждения используются для построения объяснения и предсказания, для получения тех или иных эмпирических следствий.

Знание о характере зависимости между выделенными параметрами очень важно для эмпирической проверки законов, теорий, гипотез. Однако для такой проверки нам необходимо знать, что следует понимать под силой, массой и ускорением и каким образом оперировать введенными символами. Знание об этом мы получаем при помощи определений, задающих смысл используемым понятиям (сила, масса, ускорение), и математических правил оперирования символами (F, m, a). Второй закон Ньютона включается в теорию классической механики. В рамках этой теории получают определения понятия силы, массы и ускорения. Символическое обозначение выделенных параметров в этом законе является важным условием перехода к мате-

матическим правилам оперирования символами.

Но каким образом введенные понятия (сила, масса, ускорение) и символы (F, m, a) однозначно связываются с конкретными характеристиками механических систем? Каким образом задается характер тех или иных эмпирических познавательных действий, необходимых для проверки или практического использования второго закона Ньютона?

Этой цели служит особая система утверждений, однозначно связывающих такие понятия и символы с механическими системами. Можно дать различные определения понятиям силы, массы, ускорения. Массу, например, определяют как количественную меру инерции или с помощью закона сохранения импульса. Нередко в механике определение понятий массы и силы связывается с самими формулировками второго и третьего законов Ньютона[6]. Однако, какое бы определение этих понятий в рамках классической или другой механики ни принималось, оно в конечном счете выражает или обозначает — в виде особых утверждений — конкретное свойство механической системы. Возьмем, например, утверждение: масса (m) в классической механике обозначает количественную меру инерции. Оно играет очень важную роль в принятой системе рассуждений и познавательных действий: дает возможность перейти к измерению этой количественной меры и выражению ее в каких-либо единицах — в граммах, фунтах и т. д.; позволяет однозначно связывать математическую

символику с конкретными операциями измерения и найти те или иные математические способы выражения и вычисления количественной меры инерции. Если, скажем, возникают вопросы: зависит или не зависит масса от скорости? Является ли она величиной постоянной? и т. д., то для решения их ставятся эксперименты, основанные на измерениях. Такие эксперименты и позволили установить, что пока скорости не превышают 1% от скорости света, мы можем рассматривать массу как постоянную величину.

Такого рода утверждения формулируются и для понятий «сила» и «ускорение». С их помощью совершается логически и эмпирически контролируемый переход от теоретических понятий к самим изучаемым предметам, имеющим совершенно другую природу, чем знания и языковые средства их выражения.

Наконец, рассмотрим еще один элемент научной системы знаний, допускающей эмпирическую проверку при помощи фактов,— способ построения логических выводов. Найти некоторый единообразный способ объяснения и предсказания конкретных явлений в изучаемой предметной области — очень важная цель научного исследования и построения научных систем знаний. В этой цели прежде всего и обнаруживается существенное различие между построением объяснения в науке и в спекулятивных системах. Так, в теологическом объяснении в качестве исходного основания всех рассуждений выступает «воля бога». Она привлекается для

«изучения» войн, неожиданной смерти человека, стихийных бедствий и т. д. Поскольку в нашем распоряжении не существует никаких методов анализа этой «воли божьей», ее существование принимается на веру, и это определяет характер теологического объяснения. В нем нет и не может быть эмпирически и логически контролируемого перехода от общего основания к частным явлениям; каждый раз применяется один и тот же способ объяснения: «на то была воля божья». Других просто не может быть: исходя из «воли божьей», нельзя делать каких-либо конкретных предсказаний о необходимом действии ее на те или иные конкретные предметные области. Поэтому в рамках телогической, как и любой другой спекулятивной системы, невозможно единообразно и специфическим образом объяснить конкретные явления, т. е. поставить их в эмпирически контролируемую зависимость от выявленных и изученных причин, законов, зависимостей и т. д.

В науке способ построения выводов, объясняющих конкретные явления, разрабатывается, исходя из совершенно других оснований. Во-первых, предполагается вполне конкретный характер зависимостей между выделенными параметрами. Например, второй закон Ньютона формулирует механическую зависимость между силой, массой, ускорением. Во-вторых, выявляются и изучаются конкретные условия действия этой зависимости на специфических уровнях. Для построения выводов, исходя из

второго закона Ньютона, необходимо знать «начальные условия», которые накладываются на координату и импульс движущегося тела (частицы). Причем предполагается, что измерение состояния двужущегося тела в любой момент времени не вызывает существенных изменений в его поведении. Учитывая эти условия, можно строить однотипные выводы о состоянии движущегося тела в тот или иной отрезок времени. Выводы в этом случае строятся в математической форме. Зная на основании измерений одни параметры, можно определять другие параметры, а следовательно, и предсказывать поведение движущихся тел.

Конечно, в научных системах знаний выводы не обязательно строятся в математической форме. Многие теории не имеют еще разработанного математического аппарата, и выводы в них делаются в словесной форме. Несомненно, такой способ построения выводов не обладает строгостью, какая достижима при помощи математики. В то же время выводы в словесной форме должны удовлетворять требованиям логической и эмпирической контролируемости, должны единообразно объяснять и предсказывать специфические явления при тех или иных конкретных условиях.

Подведем итоги краткого разбора логико-эмпирического метода анализа научных систем знаний.

1. Эмпирическую проверку объективной истинности научных систем знаний нельзя свести только к уточнению языково-логиче-

ских средств. Она предполагает последовательное различение по крайней мере трех систем:

а) системы объективных зависимостей (в рассматриваемом примере между силой, массой, ускорением). Ни в одном научном исследовании характер такой зависимости логически не задан, ее приходится выявлять, выдвигая гипотезы и эмпирически проверяя их при помощи наблюдений, измерений, экспериментов. Так, ответ на вопрос о воздействии на ускорение таких факторов, как географическое положение, время года, температура и т. д., не задан ни используемыми математическими средствами, ни языковым каркасом классической механики. Приходится ставить сложные эксперименты, проводить наблюдения и измерения. Вопросы, которые формулирует в данном случае исследователь, относятся не к используемому языку, а к самой механической системе, к конкретным зависимостям между выделенными параметрами. В решении таких вопросов необходимо различать пространственно-временную последовательность событий в объективной системе и последовательность своих собственных познавательных действий, возможность или невозможность осуществлять наблюдения и измерения, ставить эксперименты и т. д.

б) Языково-логической системы, при помощи которой формулируются проблемы, строятся рассуждения и знания, обозначаются и логически вводятся в изучение новые объекты.

в) Системы (или систем) познавательных действий, которые необходимо отличать как от изучаемых объектов, так и от логико-языковых средств. Исследователь становится в определенное отношение к изучаемому предмету прежде всего при помощи разнообразных практических, или эмпирических, познавательных действий. В современной науке они, как правило, связаны с использованием материальных средств познания.

В изучении реальных объектов важно знать не только то, что можно сказать о них в рамках используемой языково-логической системы, но и то, что с ними можно сделать при помощи практических познавательных действий.

К последним предъявляются особые требования. Отметим здесь только два из них: а) практические познавательные действия должны быть такими, чтобы их можно было фиксировать, а следовательно, и воспроизводить в той или иной последовательности; б) они должны позволять получать однозначные результаты при заданных условиях.

2. В научном исследовании, включая эмпирическую проверку знаний, необходимо контролировать и согласовывать результаты, полученные при помощи как логических, так и эмпирических методов познания, а также познавательные действия, совершаемые на основе различных предпосылок. Например, для измерения молекул в газовых смесях используются вязкость газа, рассеяние солнечного света, радиоактивность. Исследователю приходится анализировать теоретические

основания, допускающие сравнение полученных результатов, расхождения в измерениях и т. д. Но так или иначе ученый имеет дело не только с изучаемыми объектами, а и со своими собственными познавательными действиями и полученными при их помощи результатами — фактами и знаниями.

Исходя из каких предпосылок или оснований исследователь контролирует и оценивает свои познавательные действия? Он может опереться здесь на собственный опыт исследовательской работы, на традиции научной школы, к которой он принадлежит. Но может обращаться и к специальным теориям, которые разрабатываются для изучения познавательной деятельности — к теории познания, к методологии и логике науки.

С каким из этих путей Р. Карнап связывает так называемые «внутренние вопросы»? Если он полагает, что ученому достаточно личного опыта исследовательской работы, то эта точка зрения не согласуется с историей развития науки, в особенности за последние 70—80 лет. Современное естествознание потребовало критического разбора ранее сложившихся представлений об эмпирической, математической и логической точности, о роли математических, языково-логических и в особенности материальных средств познания, о связи теоретических построений с имеющимися фактами и т. д. Ныне уже нельзя обойтись без специального изучения познавательной деятельности и используемых в науке методов и средств познания. Результаты такого изучения крайне важны для подго-

товки научных работников и являются исходным знанием в любом научном исследовании. И здесь не уйти от вопроса: какую познавательную роль играют гносеологические установки, согласно которым изучаемые объекты рассматриваются как реально существующие до познавательной деятельности и независимо от используемых средств и методов познания. Без последовательного разграничения объективных систем, включаемых в научное исследование в качестве предметов изучения, и различного рода познавательных действий, методов и средств невозможно понять природу фактов и научных знаний. Карнап не видит этих проблем именно потому, что отвергает материалистическую гносеологию, для которой «внешние вопросы» — составная часть познавательной деятельности исследователя.

3. Если принять концепцию Карнапа и остановиться только на изучении «языковых каркасов», то остается в тени ряд существенных вопросов. Для теории познания и методологии науки важно знать, каким образом мы открываем «новые объекты» и включаем их в научное исследование. История развития науки показывает, что они не всегда заданы «языковыми каркасами». Откуда же они берутся? Каковы пути и методы их обнаружения? Нужно ли изучать эти пути и методы, в отличие от анализа «языковых каркасов»? И каким образом это делать? С материалистической точки зрения все это самостоятельные методологические проблемы. Их решение нельзя связывать только с изучени-

ем свойств «языковых каркасов». Необходимо исследовать весь реальный процесс познания, включая роль материальных средств и методов познания.

Исходя из концепции Карнапа, трудно найти критерии различения тех «языковых каркасов», при помощи которых можно устанавливать новые объекты, от тех, которыми нельзя воспользоваться для этой цели. Между тем такое различение принципиально важно в науке и его невозможно провести, если специально не изучать, каким образом складываются «языковые каркасы» и как они относятся к объектам, находящимся вне таких каркасов. И потом: заданы ли априорно «языковые каркасы» на все времена или они изменяются под воздействием каких-либо факторов? История научного познания показывает, что они изменяются, и решающую роль в их изменении играют выявление новых объектов, совершенствование средств познания, разработка конкретных методов практического использования научных знаний.

Карнап считает, что принятие новых языковых форм «может расцениваться только как более или менее целесообразное, плодотворное, ведущее к той цели, которой служит язык» [7]. Все дело в том, можно ли правильно понять эту цель независимо от теории, а если нет, то какую именно теорию привлечь для изучения «цели, которой служит язык», для оценки «плодотворности и целесообразности» обращения к новым «языковым каркасам». В эмпирических науках формирование

смысла понятий и значений знаков связано с эмпирическим и теоретическим исходными пунктами познавательной деятельности исследователя, которые он не может выбирать произвольно. Эмпирический исходный пункт — выделение фактов о новых объектах — задается во многом материальными средствами познания, практическими познавательными действиями, детерминистическими схемами, получившими подтверждение в науке. Теоретический исходный пункт складывается из разнообразных принятых в науке схем (причинных, вероятностных и т. д.), согласно которым можно искать и строить объяснение, из идей и гипотез, использованных ранее для поисковых целей, из принципов, получивших подтверждение (принципов сохранения и т. д.). От всего этого исследователь не может изолироваться в использовании логико-языковых средств. Поэтому теория познания и, в частности, методология науки должны изучать конкретную зависимость между тремя исходными пунктами научного исследования: эмпирическим, теоретическим и языково-логическим.

2. *Познавательные действия исследователя и средства познания*

Выше мы говорили, что в ходе развития науки разрабатываются и совершенствуются средства познания — материальные, матема-

тические, логические, языковые, использование которых является все более важным условием получения знаний. Для разработки материальных средств познания создаются целые отрасли промышленности, в которых занято большое количество ученых, инженеров, конструкторов.

Изучению познавательных средств уделяется большое внимание при подготовке научных кадров. Исследователю нужны соответствующие навыки в проведении наблюдений, измерений, экспериментов, в логическом анализе научных знаний, проверке выдвигаемых гипотез и в других познавательных действиях. Приобретение таких навыков предполагает специальную подготовку.

Наша задача — рассмотреть зависимость между используемыми средствами познания, с одной стороны, и характером познавательных действий исследователя — с другой. Эта зависимость исторически изменяется прежде всего в результате изменения средств познания: именно из них должен исходить ученый в исследовании, они во многом задают характер его познавательных действий, оказывают влияние на понимание теоретико-познавательных проблем и методы их решения.

Все средства познания специально конструируются, создаются, разрабатываются для тех или иных целей. Этим они отличаются от способности человека мыслить, конструировать, чувственно воспринимать внешний мир и других особенностей человеческого сознания. Поэтому они не замещают человеческого

сознания и их недостаточно рассматривать как непосредственное продолжение органов чувств человека. Средства познания отнюдь не повторяют и не копируют формы природных тел, и их необходимо отличать от самих изучаемых объектов.

Особенно важная роль в систематическом и целенаправленном изучении объектов принадлежит материальным средством познания: разнообразным приборам для измерения, наблюдения, специальным экспериментальным установкам, позволяющим изменять изучаемые объекты и фиксировать производимые изменения. Нетрудно заметить, что во всех этих случаях всегда имеется взаимодействие между материальным средством познания и познаваемым объектом. Изучение объектов невозможно, когда такого взаимодействия нет или когда его по тем или иным причинам не удается фиксировать. Оно-то и изучается и принимается в расчет при конструировании материальных средств познания.

Например, в камере Вильсона, предназначенной для наблюдения за траекторией полета отдельных α- и β-частиц, используются свойства перенасыщенных паров воды или спирта. Частицы, пролетая с большой скоростью через камеру с перенасыщенными парами, оставляют на своем пути туманный след в виде цепочки ионов, на каждом ионе оседает капелька воды или спирта. Туманные следы фотографируются через прозрачную часть камеры. Использование камеры Вильсона основывается на тщательном изучении

взаимодействий быстрой частицы с атомами или молекулами перенасыщенных паров. Здесь учитываются такие явления, как конденсация паров, ионизация атомов или молекул быстрыми частицами и т. д. Такое взаимодействие и лежит в основе разработки точных методов измерений импульса, массы покоя, энергии и других свойств частиц в камере Вильсона [8].

Другой пример. В настоящее время ведется интенсивное изучение структуры молекул белка. Эксперименты в этой области научных исследований основаны прежде всего на использовании рентгеноструктурного анализа. Кристалл, состоящий из белковых молекул, поворачивают вокруг оси и бомбардируют пучком рентгеновских лучей. Лучи, дифрагировавшие на кристаллической решетке, регистрируются фотопластинкой, на темном фоне получается картина из светлых пятен. Измерения относительных положений и интенсивности пятен дают исходный материал для вычислений. На основе вычислений строят таблицы координат трехмерного распределения электронов в молекуле [9]. Рентгеноструктурный анализ основывается на взаимодействии рентгеновских лучей с молекулами кристаллов. При облучении кристалла пучком рентгеновских лучей возникает дифракция, позволяющая изучать структуру молекул белка.

В изучении и использовании материальных средств познания выделим ряд вопросов.

1. Материальные средства познания всегда являются специальными конструкциями,

позволяющими решать конкретные познавательные задачи. В таких конструкциях выделяется та или иная конкретная группа свойств и используется с целью выявления и изучения свойств, характеристик, фактов в познаваемых объектах. Первые рассматриваются как известные, вторые — как предметы, подлежащие целенаправленному и систематическому исследованию. Так, работая с камерой Вильсона, считают известными такие свойства конденсации паров, как образование центров конденсации, равновесие заряженных капель, рост капель на заряженных частицах и т. д.; такие свойства ионизации атомов или молекул быстрыми частицами, как энергия столкновений, распределение ионов, средняя ионизация и т. д. При помощи этих уже изученных характеристик изучают и измеряют импульс быстрых частиц, массу покоя, энергию и другие свойства. Аналогично обстоит дело в экспериментальных установках, использующих рентгеноструктурный анализ.

2. Использование материальных средств познания в научном исследовании задано их конструкцией. Ученый может получать здесь желаемые результаты только в том случае, если он исходит из их познавательных возможностей. Каждый прибор задает последовательность практических действий и схему получения тех или иных эмпирических данных об изучаемых объектах, предъявляет определенные требования к формулированию целей исследования и конкретных познавательных задач, к характеру выдвигаемых ги-

потез. Именно поэтому ошибочно рассматривать познавательную деятельность исследователя как некое «чистое размышление», обусловленное только свойствами самого мышления или только как внутренне замкнутую систему логических шагов, на которую оказывают влияние лишь такие факторы, как показания ощущений, языково-логические средства, конвенциональные элементы, психологические установки и т. п.

Использование материальных средств познания можно рассматривать по аналогии с использованием орудий труда. Уже в самых примитивных орудиях важную роль играл конструктивный элемент: орудия труда ставились в такие взаимодействия с предметами труда, в которые они не могли вступать в естественных условиях. Конструктивная деятельность человека опирается на конкретные свойства материальных тел — орудий и предметов труда. Все сознательно принимаемые до начала процесса труда установки (цель действия, образ создаваемого предмета, план действий и т. д.) определяются конструкцией самих орудий труда, свойствами, выделенными и используемыми как в орудиях, так и в предметах труда. Человек только тогда достигает желаемых результатов, когда исходит из этих объективных свойств. К каким бы сверхъестественным силам он ни взывал, какие бы фантастические планы ни приходили ему в голову, конечный результат будет определяться выделением и использованием конкретных свойств орудий и предметов труда.

В материальных средствах познания этот конструктивный элемент начинает играть особенно важную роль. Но именно поэтому при их конструировании необходимо четко формулировать соответствующий круг познавательных задач и схему получения тех или иных эмпирических данных. Здесь важно знать не только то, что именно подлежит изучению, но и то, какие свойства, характеристики или явления и каким конкретным образом будут использованы для получения соответствующего круга данных. Исследователь исходит из этих конструктивных особенностей используемых средств познания при решении познавательных задач, при формулировании гипотез и в других познавательных действиях.

3. В конструировании и использовании материальных средств познания необходимо учитывать взаимодействие законов, сформулированных для качественно различных предметных областей. Это взаимодействие существенным образом влияет на характер и объем получаемых эмпирических данных. Например, когда различные виды микроскопов, в том числе и электронные, применяются для изучения биологических явлений, то для объяснения полученных результатов должны привлекаться законы оптики и электродинамики. Законы геометрической оптики, например, точны, пока не возникает такое явление, как дифракция; с другой стороны, дифракция, рефракция и другие свойства электромагнитных волн оказывают существенное влияние на получение эмпири-

ческих данных. Вот почему приходится изучать возможности обнаружения тех или иных свойств биологических структур. При конструировании и использовании многих приборов и экспериментальных установок для изучения микропроцессов принимается во внимание квант действия Планка. Именно поэтому конструирование материальных средств познания предполагает анализ теоретических знаний, привлекаемых для истолкования полученных данных.

4. Материальные средства познания используются для измерения разнообразных количественных характеристик в изучаемых объектах.

Применение совершенных приборов и установок для проведения измерений, особенно при изучении явлений микромира, потребовало тщательного изучения самих актов измерения. Вплоть до XX в. естествоиспытатели считали, что возмущение, вносимое средствами измерения в естественное поведение изучаемых объектов, возможно свести до минимума; такое возмущение не оказывает какого-либо существенного влияния на получаемые в измерении величины, и им можно пренебречь в истолковании получаемых величин. Исходя из этого, предполагалось, что все измерения можно вести со сколь угодно большой точностью.

В современном естествознании эти представления подвергаются глубокому пересмотру; уточняются и развиваются материалистические теоретико-познавательные подходы к методу измерения. В нем можно выделить:

1) систему взаимодействия между приборами и измеряемыми объектами; 2) способ «перевода» объективных количественных характеристик на язык символов, например математических; 3) операции с символами по математическим или каким-либо другим правилам; 4) количество производимых независимых и однотипных измерений и статистическую обработку результатов с целью получения наиболее точных величин.

Каждый из этих этапов или составных элементов метода измерения подлежит самостоятельному анализу и обоснованию. Особенно важную роль играет изучение взаимодействия приборов и измеряемых объектов. Без тщательного разбора этого взаимодействия нельзя принимать результаты измерения, иначе могут возникнуть так называемые иллюзорные параметры и величины, ошибочные теоретические представления. Эти трудности встают не только в квантовой физике, но и во многих других науках.

В квантовой физике трудно использовать средства познания, более тонкие, чем сами микрообъекты. И сами акты измерения могут вносить существенное изменение в поведение измеряемых объектов. В микромире элементарные частицы недостаточно рассматривать только как объекты, существующие независимо от актов измерений, они — есть прежде всего предметы, «конкретно познаваемые при помощи тех или иных средств наблюдения» [10]. Поэтому нужно учитывать устройство и особенности действия соответствующих приборов. Они определяют особый

характер условий наблюдения и измерения микрообъектов. Мы выделим два обстоятельства: а) появление тех или иных конкретных свойств микрообъектов, например корпускулярных или волновых, обусловленное самим устройством прибора; б) такие ситуации, в которых невозможна дальнейшая детализация изучаемых объектов и появление у них различных характеристик [11]. В квантовой физике исследователь исходит из уже установленного факта: взаимодействие приборов и микрообъектов не выражается в строго однозначных количественных результатах. Состояние и поведение микрообъектов можно описать только в вероятностной форме. Поэтому нельзя говорить о точности измерений, отвлекаясь от используемых средств измерения и от методов количественной обработки полученных результатов.

В изучении жизнедеятельности живых организмов использование средств измерения не должно нарушать естественного течения жизненных процессов, т. е. вносить каких-либо вредных раздражений. В противном случае исследователь будет фиксировать не только объективные количественные данные, но и результаты патологических изменений, вызываемые средствами измерения. Поэтому исследователю необходимо осознавать, что здесь возможны необъективные или неточные результаты. Такие неточности могут в свою очередь повести к ошибочным теоретическим заключениям. Е. Б. Бабский отмечает, что «много ошибочных толкований физиологических процессов и закономерностей их проте-

кания основано именно на том, что не учитываются те патологические изменения, которые вносятся экспериментальными приемами исследователя» [12].

Нередко количественные характеристики объектов зависят от масштабов эксперимента. Например, многие химические процессы претерпевают существенные изменения при переходе от одного масштаба эксперимента к другому. В зависимости от условий эксперимента может изменяться также порядок реакций, а вместе с ним и некоторые количественные характеристики, например кинетические.

Поэтому ошибочно давать теоретическое истолкование результатам измерений независимо от характера взаимодействия средств измерения с изучаемыми объектами, независимо от доступной точности измерений. Нельзя смешивать точность, доступную при использовании приборов, с точностью или строгостью, достижимой на словесно-знаковом уровне. Между тем в классическом естествознании такое различение проводилось не всегда. Многие естествоиспытатели той эпохи (Галилей, Кеплер, Бойль и др.) связывали точность научных знаний только с математической точностью. Отношение математического аппарата к эмпирическому материалу и к природе в целом они считали одной из самых важных проблем в науке. Однако главное внимание обращалось не на сами акты измерений, а на математические операции с полученными в измерениях величинами. Предполагалось, что всем используемым

уравнениям должна быть дана эмпирическая интерпретация, независимая от способов получения самих математических уравнений. Такая интерпретация основывалась, как правило, на разнообразных и часто очень сложных допущениях относительно свойств изучаемых объектов. Например, использование математического аппарата в теории тепла основывалось на допущении, что скорость распространения теплоты и изменения температуры непрерывны на тех участках объектов, где по тем или иным причинам невозможно сделать измерения. Особенно большую роль играли допущения, сформулированные в виде так называемых принципов: принципа единообразия природы, бесконечной и равномерной делимости всех тел природы и т. д. Фактически эти принципы формулировались и вводились в научное исследование априорно — в виде особых гипотез. Правдоподобие таких гипотез доказывалось тем, что с ними согласовывалось приложение математических аппаратов. Их невозможно было подтвердить эмпирически или каким-либо путем вывести из других теорий, а затем сравнить с эмпирическими следствиями. Такие допущения чаще всего использовались там, где невозможно было провести измерений. Однако во всех таких случаях предполагалось, что если бы они были проведены, то результаты не расходились бы с математической точностью оперирования знаками или числами.

Эти представления не удовлетворяют современное естествознание и могут стать ис-

точником серьезных заблуждений, если исследователь будет исходить из них в оценке получаемых результатов. Они могут породить иллюзию, будто использование математического аппарата само по себе уже гарантирует получение точных знаний, в то время как эта точность недостижима в силу ряда условий, возникающих независимо от математических аппаратов. Не существует какого-либо раз и навсегда заданного единообразного «логического перехода» от измеряемых характеристик к числам или другим символам[13]. Каждый раз этот переход необходимо обосновывать не только теоретическими аргументами, но и практическими соображениями. Здесь возможны различные теоретические и математические идеализации[14]. Однако все они подлежат тщательному разбору. Некритически введенные допущения или идеализации могут вести к ошибочным результатам как в измерениях, так и в теоретических рассуждениях. Здесь, как и в других познавательных действиях, важно знать особенности контроля за логическими и эмпирическими познавательными действиями.

5. *Использование материальных средств* познания оказывает глубокое влияние на формирование понятийного аппарата наук, на характер применяемых с целью познания аналогий, идеализаций, аргументов, рассуждений и представлений, на способы описания изучаемых объектов, на цели и методы научного исследования. К сожалению, в нашей философской литературе пока еще очень мало работ, исследующих характер такого

влияния. Разумеется, необходимо изучать, какие объекты стали доступны научному изучению благодаря созданию микроскопа, телескопа, камеры Вильсона, синхрофазотрона, спутников Земли и т. д. Однако марксистская материалистическая теория познания не должна останавливаться на изучении только таких результатов. Влияние материальных средств познания следует анализировать во всех его аспектах. Мы ограничимся только одним примером.

Изучение биологических процессов в растительных и животных организмах, включая человека, имеет длительную историю. В настоящее время, наряду с биологическими науками, эти процессы исследует биофизика, биохимия и др. Однако и теперь сохранил познавательную роль так называемый механический подход. Впервые его сформулировал еще Декарт: организмы животных и человека можно рассматривать как механизмы. С его точки зрения, водяные часы, обладающие сложной по тому времени конструкцией, позволяют наглядно представить характер функционирования живых организмов. Это была попытка описать и объяснить биологические процессы при помощи понятий и законов классической механики. Мы теперь знаем, что такой подход был грубым упрощением. Но он содержал в себе важную научную идею: в организмах животных и человека существует упорядоченность, которую можно описывать и объяснять, подобно механическим явлениям. Исходные понятия, при помощи которых описывались и объяснялись

сконструированные самим человеком механизмы, привлекались для систематического описания биологических явлений, для формулирования гипотез, для построения тех или иных систем аргументов, поддерживающих или опровергающих выдвигаемые гипотезы.

Этот подход оказал влияние не только на поиски и разработку путей и методов изучения биологических процессов, но и на изучение деятельности человеческого мозга. В начале XX в. мозг человека часто рассматривали как своеобразный коммутатор АТС. В настоящее время наиболее совершенной моделью как живых организмов в целом, так и их отдельных частей считают электронно-вычислительные машины (ЭВМ). Такой способ исследования функций мозга и нервной системы человека подводит к постановке ряда научных проблем: можно ли рассматривать мозг как особое вычислительное устройство? Можно ли создать вычислительную машину, которая «мыслила» бы подобно человеческому мозгу?

В решении этих проблем важное место занимает идея «автомата», т. е. некоей идеализированной машины (или ее части). Эта идея используется для постановки новых математических и логических задач и разработки таких теоретических понятий, как «конечный автомат», «конечное число дискретных состояний», «вход», «выход», «исходное состояние» и т. д. Так задается характер идеализаций, к которым приходится прибегать, интерпретируя данные нейрофизиологии и других наук, способы описания наблюдаемых

характеристик, приемы рассуждения и аргументирования и другие познавательные действия исследователя[15].

В настоящее время все более широкое использование ЭВМ способствует возникновению новых теоретических идей; некоторые из них привлекаются для описания и объяснения ряда сложных процессов: воспроизведения живых организмов, эволюции в растительном и животном мире и т. д.; они оказывают влияние также на конструирование целого класса машин.

Огромное и все возрастающее влияние на развитие современной науки оказывает математика. Увеличивается объем математических знаний, применяемых во многих давно сложившихся науках (социология, биология и т. д.); в ряде недавно возникших и возникающих наук (биофизика, биохимия, кибернетика, бионика и т. д.) она с самого начала играет важную познавательную роль. Однако влияние математики не ограничивается только расширением сферы приложения ее методов и аппаратов. Под влиянием математики претерпевают важные изменения теоретический и логический аппараты эмпирических наук. Использование математики предъявляет определенные требования к выдвижению продуктивных гипотез и к методам их проверки; возрастает роль не только теоретической и логической, но и математической подготовки исследователей. В настоящее время характер влияния математики на науку становится предметом все более внимательного изучения.

С какой целью математические методы и аппараты привлекаются в научном исследовании? Какую роль играют математические средства познания в решении эмпирических, теоретических и логических познавательных задач? Выделим несколько основных направлений, где особенно важно применение математики.

1. Прежде всего коснемся ее эвристической роли. Поиск и математическое выражение количественных зависимостей является важной целью научного исследования в эмпирических науках. Нередко исследователь располагает отрывочными, разрозненными количественными данными. Математические средства позволяют систематизировать их, выявить и сформулировать зависимости между ними. Иногда с целью поиска и формулирования количественных зависимостей исследователь прибегает к так называемому эмпирическому подбору величин, удовлетворяющему тем или иным математическим отношениям; нередко с этой целью вводятся различные фиктивные величины. Во всех таких познавательных действиях математические методы и аппараты используются как средства логической систематизации количественных данных.

2. Велики познавательные возможности математики, как особого средства идеализации и аналогии. Различные виды объективных зависимостей складываются под воздействием разнообразных факторов, в том числе и случайных, и выделить, изучить и принять всех их в расчет невозможно. Математиче-

ские средства позволяют выразить такие зависимости в «чистом виде», отвлекаясь от многочисленных второстепенных влияний. Особенно важна здесь роль статистических и вероятностных методов. Математическая идеализация позволяет представить качественную природу изучаемых объектов в виде тех или иных типов количественных зависимостей. Именно поэтому она широко применяется в физике, механике и других науках. Например, физическое пространство и физическое время рассматриваются как особый математический континиум; в механике и физике для тех или иных расчетов упругое тело представляют как математически твердое тело, сложную овальную форму орбиты Марса вокруг Солнца — как совершенный эллипс и т. д. и т. п. Математические средства позволяют предполагать и обнаруживать сходство между качественно различными объектами и рассматривать их по аналогии друг с другом. Например, в кибернетике для тех или иных целей проводится аналогия между машиной и живым организмом, между живыми и неживыми системами.

3. Математические методы и аппараты являются важным логическим средством формулирования гипотез о возможных количественных зависимостях или связях, средством построения разнообразных моделей. Особенно важную роль такие гипотезы и модели играют в биологии (в изучении самовоспроизводящихся механизмов и систем, центральной нервной системы и т. д.), в ки-

бернетических исследованиях, в физике, химии и других науках.

4. Математика становится нередко источником идей и принципов, способствующих возникновению гипотез, теорий и целых направлений в науке. В развитии классического естествознания важную познавательную роль играли такие принципы и допущения, как непрерывность, гомогенность, бесконечная делимость, единообразие и т. д. Несомненно, что они складывались под влиянием математики той эпохи. В современной науке важную роль играют математические идеи вероятности, симметрии и т. д.

5. Под влиянием математики разрабатываются аксиоматические методы в механике, физике и других науках. В этом случае идеи и принципы, используемые для объяснения тех или иных явлений, приобретают строгую и ясную математическую форму, удобную для проверки и практического использования [16].

Во всех этих направлениях мы имеем дело с приложениями математики, математические выводы и аппараты здесь включаются в познавательные действия исследователя в качестве особых средств познания. Они привлекаются для решения конкретных научных проблем, и их влияние сказывается прежде всего на характере деятельности ученого и ее результатах.

Что значит использовать математические средства для изучения каких-либо объектов? Благодаря чему они являются мощным орудием научного исследования? С какой бы целью ученые ни обращались к математиче-

ским методам и аппаратам, какие бы познавательные задачи ни решали, всегда реально существующие объекты должны быть представлены в специфической знаковой форме. Без этого познавательного шага математические методы и аппараты не могут стать средством познания объектов. Но как только на тех или иных основаниях удается представить эти объекты в математической форме, открывается возможность рассуждать о них на языке математики, ввести в систему рассуждения о них разнообразные математические идеализации: точку, прямую, кривую, симметрию, функцию и т. д. Математические законы и правила становятся особым логическим средством формулирования и решения разнообразных задач в научном исследовании, средством, задающим характер рассуждения об изучаемых объектах. На тех или иных этапах изучения объектов математические подходы могут заменять отдельные эмпирические познавательные действия.

Использование математических средств познания в научном исследовании связано с рядом трудностей и проблем. Ученый не может уйти от их решения. Именно здесь сказывается не только его математическая, но и философско-методологическая подготовленность.

Длительное время, вплоть до XIX в., сами исследователи во многих случаях разрабатывали формальные математические аппараты для решения конкретных научных проблем, которые вставали перед ними в механике, физике, геометрии и других науках (Ньютон,

Максвелл и др.). Нередко они не проводили существенных различий между развитием математики и естественных наук, между разработкой математических теорий, методов, аппаратов и их приложениями в естественных науках. Такие выдающиеся ученые, как Галилей, Кеплер, Бойль и другие, считали, что природа имеет своеобразную «математическую структуру», благодаря чему математика и является мощным средством познания [17].

Однако отождествление развития математики с развитием эмпирических наук может породить ошибочные представления о познавательной роли математики, о характере знаний, получаемых с ее помощью. И в наши дни потребности эмпирических наук продолжают стимулировать активные исследования в области математики. И теперь отдельные исследователи принимают участие в разработке математических аппаратов (как, например, В. Гейзенберг, М. Борн и другие — в разработке матричной системы исчисления, применяемой в квантовой механике). Однако сейчас новые математические аппараты и методы создаются прежде всего представителями так называемой «чистой» математики. Внутри самой математики складываются новые направления; как и в других науках, профессионализация исследований является необходимым условием получения новых результатов. Исследователи, занимающиеся изучением механических, физических, химических, биологических или социальных объектов, могут брать математические аппараты

в готовом виде. Но именно поэтому они должны следить за развитием математики, знать, что сделано в математических науках по тем или иным проблемам и уметь выбрать такие математические методы, аппараты, идеи, которые целесообразно использовать для решения конкретных проблем в механике, физике, химии, биологии и социальных науках.

В современных условиях эта задача во многом не выполнима не только представителями конкретных наук, она не под силу и самим математикам. В книге Н. Бурбаки «Очерки по истории математики» отмечается, что «статьи по чистой математике, публикуемые во всем мире в среднем в течение одного года, охватывают многие тысячи страниц. Не все они имеют, конечно, одинаковую ценность; тем не менее после очистки от неизбежных отбросов оказывается, что каждый год математическая наука обогащается массой новых результатов, приобретает все более разнообразное содержание и постоянно дает ответвления в виде теорий, которые беспрестанно видоизменяются, перестраиваются, сопоставляются и комбинируются друг с другом. Ни один математик не в состоянии проследить это развитие во всех подробностях, даже если он посвятит этому всю свою деятельность. Многие из математиков устраиваются в каком-либо закоулке математической науки, откуда они и не стремятся выйти, и не только почти полностью игнорируют все то, что не касается предмета их исследований, но не в силах даже понять язык и терминологию своих собратьев, специаль-

ность которых далека от них»[18]. Следовательно, необходимо кооперирование усилий математиков и физиков, химиков, биологов, социологов и т. д. В настоящее время активно ведутся поиски различных форм такого кооперирования: организуются специальные семинары по прикладной математике для представителей конкретных наук, разнообразные симпозиумы, на которых математики привлекаются к решению тех или иных проблем в физике, химии и других науках[19].

Все более широкое использование математических средств познания в научных исследованиях выдвигает ряд методологических проблем: в какой степени можно говорить о достоверности теорий, разрабатываемых с помощью математики; можно ли искать логические основания эмпирических наук в математике; каким образом относиться к непрерывно усложняющейся математической формализации этих наук и т. д. Эти проблемы вызвали и до сих пор вызывают широкие дискуссии не только по основаниям математики, но и по логике и методологии науки. Трудности их решения нередко становятся источником односторонних и ошибочных представлений о роли математики в научном исследовании. Возникают идеи о том, что математика может полностью заменить эмпирические и логические методы познания, делаются попытки отождествления научных теорий с используемым в них математическим аппаратом и т. д. Решение всех этих проблем возможно лишь при наличии ясных материалистических теоретико-познавательных уста-

новок. Прежде всего любые результаты, полученные математическим путем, подлежат эмпирической интерпретации. Какие бы математические средства ученый ни использовал, ему необходимо сознавать, что он оперировал символами или знаками по математическим правилам. Полученные математическим путем результаты нельзя рассматривать как конечный пункт его рассуждений или познавательных действий. В теоретико-познавательном смысле не существует принципиального различия между результатами, полученными с использованием так называемых фиктивных величин или математических гипотез, с одной стороны, и результатами математических расчетов, исходящих из установленных величин — с другой.

При эмпирической интерпретации результатов, полученных математическим путем, необходимо изучать те основания, исходя из которых вообще возможно сопоставлять количественные результаты, полученные тем или иным математическим путем, с эмпирически выявленными величинами, различать математическую строгость в расчетах и точность, достижимую в актах измерения. Все это тем более важно, что в некоторых современных теориях трудно получить эмпирические утверждения, соответствующие используемым аксиомам (в общей теории относительности, в квантовой физике и т. д.). В квантовой механике такие важные элементы, как операторы и функции, не имеют в настоящее время однозначного отношения к эмпирическому основанию. Невозможен эксперимент, под-

тверждающий, скажем, уравнение Шредингера таким же образом, как подтверждались многие законы в классической физике. В квантовой механике при помощи экспериментов можно подтверждать только отдельные теоремы, выведенные из уравнения Шредингера.

Большие трудности эмпирической интерпретации результатов, полученных математическим путем, в условиях широкого распространения субъективно-идеалистических философских школ нередко становятся источником ошибочных теоретико-познавательных концепций. Это было отмечено В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме» [20]. Отдал дань такой концепции и выдающийся немецкий физик В. Гейзенберг. Вот что он писал в одной из своих работ: «Если мы хотим выяснить природу... элементарных частиц, мы не можем продолжать игнорировать физические процессы, с помощью которых мы получаем сведения об этих частицах... Таким образом, объективная реальность элементарных частиц странным образом растворилась, но не в тумане какой-то новой малопонятной или еще не получившей объяснения концепции реальности, а в прозрачной ясности математики, которая описывает теперь не поведение элементарных частиц, а лишь наше представление об этом поведении. Специалист по атомной физике должен был примириться с тем фактом, что его наука представляет собой лишь звено в бесконечной цепи спора человека с природой *и что она не может просто говорить о «собственно» природе»* [21].

Эта концепция, если последовательно ее отстаивать, приводит к заключениям, которые трудно согласовать с реальной познавательной деятельностью исследователей и с развитием современной науки. Получается, что различие между практическими и логическими познавательными действиями несущественно, что весь сложный язык науки о микромире сводим в конечном счете к математическому символизму, а знания в атомной физике — к математическому выражению наших представлений о поведении элементарных частиц. В истории науки выработан «механизм перевода» знаний на те или иные практические действия с реально существующими объектами; с таким механизмом связано конструирование машин, производство предметов потребления и т. д. Теперь все эти достижения нужно рассматривать в другом свете; оказывается, что наши знания, выраженные математическим языком, мы сопоставляем не с поведением самих элементарных частиц, а лишь с нашим представлением об этом поведении, тоже выраженным на языке математики. Эта концепция приводит к пересмотру ряда принципиально важных критериев, предъявляемых в науке к установленным фактам.

Подобные представления в конечном счете основываются на ошибочном истолковании предпосылок и особенностей использования математических средств познания. Преодоление их требует тщательного изучения методов приложения математики в эмпирических науках. Именно здесь методологи-

ческие исследования играют важную познавательную роль.

Не менее сложными становятся отношения между современной логикой и эмпирическими науками. Они тоже порождают важные и трудные проблемы, подлежащие специальному изучению.

В любом исследовании ученому, как было отмечено выше, приходится решать логические задачи, характер которых меняется вместе с развитием науки, особенно в связи с выделением новых объектов, увеличением объема знаний, которыми приходится оперировать ученому, усложнением познавательных задач, средств и методов познания. Способы решения логических задач в научном исследовании существенным образом влияют на характер познавательных действий и получаемых знаний. Зависимость объективной истинности последних от того или иного понимания логических задач, от используемых логических методов и средств их решения носит методологический характер.

В предыдущей главе была дана общая характеристика логических познавательных задач. Рассмотрим теперь их более подробно в связи с ролью логических средств познания. Исследователь сталкивается прежде всего со следующими видами логических задач:

а) каким логическим требованиям должны удовлетворять системы рассуждений, позволяющие приходить к объективно-истинным заключениям, каким образом контролировать характер этих рассуждений, в особенности тогда, когда приходится иметь дело

с большим количеством параметров, со сложными процессами их изменения;

б) каким логическим требованиям должно удовлетворять введение новых и уточнение уже введенных понятий, терминов, знаков;

в) каким образом однозначно согласовывать логические рассуждения с эмпирически фиксируемыми в наблюдении, измерении и эксперименте характеристиками;

д) каким образом логически согласовывать одни системы знаний с другими (например, при разработке новых гипотез, обосновании научных теорий, для эмпирического подтверждения которых пока еще нет достаточного количества фактов и т. д.).

е) логические задачи, встающие при построении научного объяснения, важной частью которого является разработка логического способа построения вывода относительно наблюдаемых и предсказываемых характеристик; такие задачи приходится решать при формулировании закона, при построении теории и гипотезы;

ж) логические задачи, встающие при анализе исходных систем научных знаний и т. д.

В процессе развития конкретных наук складываются и закрепляются традиции в понимании и решении этих логических задач. Однако в современной науке для их решения недостаточно ни интуитивных навыков, ни так называемых «естественных» способностей ученых к логическому рассуждению; вместе с тем обнаруживается

недостаточность традиционной, или аристотелевской, логики.

Доказав, что формальную структуру процесса построения выводов и доказательства можно изучать независимо от содержания, Аристотель совершил подлинное открытие. Это была теоретическая идеализация реальных процессов построения умозаключений. Она позволяла контролировать эти процессы и добиваться такой формально-логической точности, которая в каждом конкретном умозаключении становится необходимым условием содержательной, или смысловой, точности используемых понятий, терминов, знаков.

Логические исследования умозаключений и языковых средств их выражения со времен Аристотеля заняли заметное место в развитии науки. Традиционная логика вплоть до XIX в. изучала и объясняла в основном так называемую естественную способность человека к построению умозаключений. При помощи разнообразных правил и схем она проясняла характер этих умозаключений, построения выводов и доказательства. Тем самым систематическому изучению подвергались логические условия и предпосылки познавательной деятельности людей.

Проблематика и задачи традиционной логики с развитием эмпирических и математических (дедуктивных) наук изменялись. В XIX в. большой толчок логическим исследованиям дают математические науки, в частности поиски доказательства евклидового постулата о параллельных; за решение

этой проблемы выдавались самые различные системы рассуждений. Изучение их становится важной задачей логики, стремящейся разработать критерии, на основании которых можно было принимать или отвергать такие доказательства.

Решение этих вопросов существенно влияло на развитие математики и логики. Необходимо было выявить все посылки, исходя из которых построена система «Начал» Евклида. Эти исследования и приводят к созданию неевклидовых геометрий. Тщательное изучение показало, что в ряде доказательств используются различные допущения, некоторые из которых фактически оказывались равноправными самому постулату. Поэтому необходимо было точно перечислить основные неопределяемые понятия и недоказываемые предложения геометрии, с помощью которых определяются и доказываются остальные ее понятия и предложения. Эту огромную работу проделал немецкий математик Д. Гильберт.

В связи с этим разбором осознаются и собственно логические проблемы. Изучение и перечисление аксиом геометрии подводит, в частности, к вопросу, каким образом можно «проверить, что перечисленных аксиом действительно достаточно для доказательства всех вообще истинных предложений некоторой науки и что с их помощью нельзя, наоборот, вывести ложное заключение...» [22]. Исследования показывали, что для решения этой проблемы недостаточно иметь набор принимаемых посылок; надо было изучить все

допустимые средства построения выводов из них. Эта задача и становится одной из самых важных в математической логике. Дальнейший прогресс математики во многом связан с последовательным различением математических объектов (числа, точки, прямой, функции, множеств, отношений между числами, точками и т. д.), с одной стороны, и используемых логических средств и методов — с другой.

Систематическое изучение и разработка логического аппарата, применяемого в математике и в математической логике, начинает оказывать влияние на развитие теоретического и логического аппаратов в эмпирических науках. Результаты научных исследований — знания (а нередко и сами способы получения этих результатов) обязательно фиксируются при помощи естественного или искусственного языка. Для того чтобы прочитать и понять передаваемую информацию, необходимо знание логических методов и средств образования понятий, терминов, символов, способов связывания их в единую систему. С другой стороны, исследователи, сталкиваясь в процессе изучения объектов и при построении научных знаний с логическими задачами, нуждаются в соответствующих средствах и методах их решения. Эти средства они или должны разрабатывать сами, или брать в готовом виде в логике и приспосабливать к целям и задачам своих исследований. В сущности, ученые сталкиваются здесь с теми же самыми трудностями, какие приходится преодолевать в использовании мате-

матических методов и средств познания. И в данном случае речь идет о приложении разрабатываемых в логике методов и средств.

Сфера приложения результатов современной логики все время расширяется. Символические языки необходимы для производства вычислительных машин. Такое их использование стало возможным только благодаря разработке способов построения выводов как особой последовательности символов, заданной специально сформулированными правилами. Все большее место результаты логических исследований занимают в изучении механических, физических, химических, биологических и социальных процессов. Эти результаты существенно влияют на характер и методы проверки доказательств, что является обязательной частью любого научного исследования.

Построение умозаключений и доказательства с помощью специально разрабатываемых логических методов и средств не всегда совпадает с умозаключениями и доказательством, в которых таковые не используются. Логически организованное рассуждение — важный способ получения знаний как в повседневной познавательной деятельности, так и в научном исследовании. Однако логическая упорядоченность основывается на большом количестве предпосылок и условий, влияющих на характер рассуждения, а следовательно, и на его результаты. В стихийно-эмпирической познавательной деятельности, как правило, не проводится специального

разбора самой последовательности рассуждений, методов построения выводов, предпосылок и условий, влияющих на их характер. В научном исследовании ученому приходится контролировать эти процессы.

В любом рассуждении используются языковые структуры, в которых на смысл предложений, понятий, терминов, знаков оказывают влияние разнообразные ассоциации, порожденные используемыми словами, сложившиеся смысловые оттенки, интуитивно принимаемый смысл слов, готовых конструкций и т. д. Анализ помогает обнаружить здесь много некритически принимаемых аргументов, энтимем, логических прерывностей. Четкое представление структуры рассуждений и доказательств позволяет выявить, каким образом они включают в себя теоремы, леммы и другие элементы, составляющие цепочку следующих один за другим логических шагов.

Рассуждения и доказательство в эмпирических науках, в отличие от оперирования знаками в формальных системах, связаны обязательно с использованием одних знаний для получения других. Любое приложение логических методов и средств в эмпирических науках должно учитывать это обстоятельство. Поэтому выделение и изучение способов образования смысла и значения понятий, терминов, знаков позволяет выяснить те пункты или звенья рассуждения, где возникают противоречия, логическая прерывность, не учитываемая по тем или иным причинам.

Логические средства позволяют отделять в этом процессе контролируемые аргументы от интуитивно или некритически принимаемых, ложные от истинных, путаницу от противоречий. Чтобы обнаружить, каким образом возникают противоречия в рассуждении, в доказательстве или при построении систем научных знаний, необходимо дать логический анализ всех шагов, приводящих к противоречию. Такой анализ позволяет выяснить, какие логические методы и средства были использованы для тех или иных целей, какие шаги недопустимы с точки зрения требований логики, где именно некритически используются интуитивные основания для принятия аргументов, понятий, принципов, теорем, аксиом и т. д.

В эмпирических науках язык выступает как средство познания и выражения знаний, как способ фиксации смысла и значения используемых понятий, терминов, знаков. Поэтому правила обращения с языком, при помощи которого исследователь строит свои рассуждения и доказательства, получает выводы, описывает те или иные наблюдаемые характеристики, формулирует гипотезы, законы и теории, являются исходным логическим пунктом эмпирических познавательных действий. Эти правила специально изучаются и разрабатываются логикой и являются предпосылкой эффективного применения языковых средств в научном исследовании. Чем сложнее изучаемые объекты, чем разнообразнее познавательные действия, тем более важно сознательное, строго упоря-

доченное употребление языковых, а следовательно, и логических средств познания.

Важную часть логического аппарата в эмпирических науках составляют разнообразные определения, или дефиниции. Традиционная логика со времен Аристотеля уделяла большое внимание изучению их познавательных функций. Развитие математической логики в течение последнего столетия показывает важность этой проблемы и для современной науки. В научном исследовании объекты тем или иным путем включаются в процесс изучения; исследователю приходится уточнять принятые и вводить новые понятия, термины, знаки, заменять длинные и сложные выражения более короткими и точными и т. д. Все эти познавательные функции выполняют логические определения[23].

Кратко рассмотрим познавательную функцию так называемых семантических определений. Научные теории, гипотезы, законы, как не раз указывалось, обязательно должны получать эмпирическую интерпретацию. Это означает, что те или иные понятия, термины, знаки координируются, сопоставляются с соответствующими предметами, характеристиками, свойствами. Такая цель достигается путем определений, получивших название семантических. В них всегда имеется в виду конкретный предмет с его отличительными признаками или свойствами, которые обозначаются при помощи определяемого термина, понятия или знака. Выше мы приводили оп-

ределение термина «электрон». Приведем теперь семантическое определение: «Знак «е» в квантовой физике употребляется для обозначения элементарного электрического заряда». В этом определении указывается конкретный предмет — электрический заряд, получивший название элементарного, подразумевается различие между знаком «е» и обозначаемым при его помощи предметом.

В дедуктивных науках определения знаков указывают на правила оперирования ими, их замены, преобразования и т. д. Характер определений, их связь друг с другом и логические функции в рамках конкретной теории зависят от того, насколько глубоко изучена логическая структура таких теорий. В этом смысле можно говорить о зависимости определений от развитости знаний, относящихся к дедуктивным системам или теориям. Зависимость определений от состояния знаний в эмпирических науках носит иной характер. Здесь приходится учитывать роль материальных средств познания, используемых в наблюдении, измерении и эксперименте. Так, количественные характеристики электрона выявлялись и изучались при помощи все усложняющихся материальных средств познания. Построение и использование логических определений во многом обусловлено целевыми установками и характером познавательных действий исследователя: выделить и изучить те свойства, которые необходимо включить в определение в качестве отличительных особенностей изучаемых предметов.

При построении многих определений, в том числе и семантических, в эмпирических науках фактически предполагается вся система понятий, в рамках которой даются такие определения. Например, в определение термина «электрон» включаются такие понятия квантовой физики, как «устойчивая элементарная частица», «масса», «отрицательный элементарный электрический заряд», «масса покоя», «спин», «магнитный момент» и т. д.

Зависимость определений от состояния знаний об изучаемых объектах особенно заметна при решении теоретических познавательных задач. В выделении, изучении и, следовательно, определении чувственно-наблюдаемых объектов и характеристик приходится использовать такие сложные познавательные операции, как распознавание, идентификация, или отождествление различных предметов на основании тех или иных признаков, классификация и т. д. При построении определений и эмпирической интерпретации многих теоретических понятий приходится использовать и другие не менее сложные познавательные операции: обобщение, идеализацию, схематизацию, изоляцию и т. д.

Определения исходных теоретических понятий во многом задают характер теоретических рассуждений, целевых установок, используемых методов и средств познания. Невнимание исследователей к построению определений порождает трудности и отрицательные последствия. И. В. Давыдовский в книге «Общая патология человека» приводит

ряд определений болезни, к которым иногда прибегают исследователи: «Болезнь — это нарушение нормальной жизни», «дисгармония обменных процессов», «особый вид страдания» и т. д. Подобные определения, как правильно отмечает И. В. Давыдовский, невозможно однозначно использовать как в изучении, так и в объяснении сложных процессов, обозначаемых понятием «болезнь» [24]. Отрицательное определение не выделяет существенных и специфических признаков и поэтому не ориентирует на изучение процессов, образующих заболевание. Этим же недостатком страдают все метафоры, которыми заменяют научные определения, различные аксиологические, или оценочные, высказывания, рассматриваемые как определения.

На характер определений исходных теоретических понятий влияют объем и точность знаний об изучаемом предмете, возможность или невозможность использовать эмпирические методы познания. Особенно большие трудности возникают при определении таких широких теоретических понятий, как вид в биологии [25], энергия в физике [26] и т. д. Нередко логический анализ исходных теоретических понятий ставится необходимым условием дальнейшего развития научных исследований. Так, глубокий анализ понятий пространства и времени в специальной теории относительности А. Эйнштейна способствовал возникновению новых теоретических и эмпирических исследований в естествознании.

3. Чувственные данные и факты в научном исследовании

Ученый может включать предметы в научное исследование при помощи эмпирических и логических методов познания. Их различение очень важно для контроля за познавательными действиями и получаемыми результатами. Ни в одном научном исследовании нельзя смешивать логически возможные аргументы с эмпирически подтверждаемыми выводами. Когда ученый рассуждает о предмете согласно той или иной схеме (опираясь на логические методы познания), ему приходится анализировать идеи, принципы, теории и гипотезы, на основе которых строится рассуждение, учитывать влияние логических и языковых средств познания, согласовывать вводимые утверждения об изучаемых предметах с исходными системами знаний.

Эмпирические методы познания вводят предмет в научное исследование в виде конкретных чувственных данных или фактов. Исследователь выделяет реально существующие характеристики, измеряет и описывает их, ставит, если возможно, эксперименты. Конечно, и здесь исходят из тех или иных систем знаний. Но они привлекаются для распознавания, выделения и фиксирования наблюдаемых характеристик.

При обращении к эмпирическим методам

познания ученый сталкивается с вопросом о роли органов чувств, а следовательно, ощущений в получении знаний о реально существующих объектах. Каким образом различать чувственные данные и факты; какие факторы влияют на показания органов чувств и при каких условиях эти показания наиболее объективны? Ведь органы чувств могут давать и неадекватную объекту информацию. Известны разнообразные оптические иллюзии, связанные с восприятием геометрических фигур, с рефракцией света, проходящего через воду, стекло или теплый воздух[27], с распространением звуков. Необъективные показания мы получаем, например, от органов осязания, когда на некоторое время поместим одну руку в холодную, а другую — в горячую воду, а затем обе руки опустим в теплую воду. На деятельность органов чувств оказывают влияние не только окружающие условия, но и предшествующий опыт, настроение, ожидание, психологические установки и т. д.

Эти особенности органов чувств могут сказываться на результатах наблюдений, измерений и экспериментов. В книге У. Джорджа «Ученый в действиях»[28] приводится интересный пример. Работа одного из заседаний Конгресса психологов в Геттингене была нарушена: в зал заседания неожиданно ворвался человек в одежде клоуна, преследуемый негром с револьвером в руках; после схватки между ними, длившейся 20 секунд, был сделан выстрел, и оба человека выбежали из комнаты. Сразу же после этого

председатель конгресса попросил ученых, присутствовавших на заседании, описать все, что они наблюдали. Психологи, сидевшие в зале, предварительно ничего не знали об этом событии, хотя оно было заранее задумано, прорепетировано и сфотографировано. Изучение представленных отчетов о наблюдаемом событии показало, что из 40 описаний только одно содержало менее 20% ошибок; 14 отчетов имели от 20 до 40% ошибок; 12 — от 40 до 50%, а 13 — более чем 50% ошибок. В 24 отчетах примерно 10% деталей были чистым вымыслом; вымышленные детали содержались и в других отчетах. Следует отметить, что условия для наблюдения были сравнительно благоприятными: событие происходило в середине комнаты, оно было коротким и впечатляющим. Отчет составляли люди, имевшие навыки наблюдения и описания получаемых результатов. К тому же никто из них не был непосредственно вовлечен в событие.

Подобные трудности осознаны в науке давно. Все сенсуалистические теории познания уделяли специальное внимание изучению эмпирических методов познания, а вместе с ними и познавательной роли органов чувств. У нас нет возможности рассматривать эти теории. Отметим лишь, что исторически сложились два принципиально различных подхода к этой проблеме — материалистический сенсуализм и идеалистический эмпиризм.

Философы-материалисты, начиная с Ф. Бэкона, обосновывают большую познаватель-

ную роль ощущений. С их точки зрения, невозможно познавать окружающий мир, минуя показания органов чувств, а следовательно, чувственные данные о реальных объектах; получение чувственных данных — основная задача всех эмпирических методов познания. Философы-материалисты стремились изучать конкретные условия, при которых органы чувств дают точные показания об окружающем мире. Они доказывали, что необъективные показания органов чувств возникают под воздействием различных субъективных привнесений и установок — религиозных, нравственно-этических, психологических, языковых и т. д. Ф. Бэкон назвал их в свое время «идолами». Ученые должны сознавать опасность таких «идолов»; им нельзя быть в плену распространенных представлений и образов. Философы-материалисты доказывали, что если сознательно избавляться от подобных «идолов», то можно получать достоверные или «чистые» чувственные данные о познаваемых вещах; в самой структуре органов чувств не заложены причины необъективных показаний. Структура органов чувств, по их мнению, точно воспроизводит структуру познаваемых вещей; следовательно, и мысленная структура последних должна быть повторением и выражением структуры чувственных восприятий.

Представители идеалистического эмпиризма (Беркли и его последователи) также признают решающую роль органов чувств в познавательной деятельности людей. Однако они исходят из других теоретико-познава-

тельных установок. С их точки зрения, ничего нельзя сказать о познаваемых вещах за пределами показаний органов чувств; вещи не существуют независимо от познавательной деятельности людей, а следовательно, и от сознания. Беркли и его последователи доказывают, что все вещи есть лишь комплексы ощущений; ощущения являются исходными клеточками, из которых в сознании людей строятся образы всех предметов. Поэтому исследователь не должен выходить за пределы непосредственных чувственных данных.

Указанное теоретико-познавательное истолкование ощущений не исчезло и в современной науке. Оно сказывается и в идее о стирании различий между наблюдаемым и наблюдателем в квантовой физике, и в различных взглядах на познавательную деятельность как на особый «человеческий след», который мы оставляем в природе[29]. Эти концепции в конце концов связывают получение фактов только с показаниями органов чувств.

Марксистская теория познания в истолковании ощущений наследует и развивает основные идеи материалистического сенсуализма. В то же время она подвергает критическому разбору ограниченные или ошибочные представления материалистов-сенсуалистов XVII—XIX вв. Все специфические особенности органов чувств и прежде всего их способность давать объективные сведения о внешнем мире исторически формировались в процессе практической деятельности людей. Поэтому ошибочно искать некие, неза-

висимые от общественной практики «чистые» показания органов чувств. Все изменения в их деятельности, достигаемые, например, при помощи тренировки, возможны в пределах исторически сложившегося функционирования органов чувств.

Отсюда следуют важные выводы и для методологии науки. Прежде всего исследователю необходимо знать, каким образом органы чувств включаются в сознательно создаваемые с целью познания ситуации. Объекты познания ни в стихийно-эмпирическом, ни в научном процессе познания не заданы только ощущениями; их всегда приходится искать и открывать. В науке для этого используются не только органы чувств, но и материальные средства познания. Поэтому ученый интересуется в первую очередь тем, какие показания органов чувств он может получить в данной познавательной ситуации. Например, если наблюдать за падением легких и тяжелых тел на земную поверхность, то придется фиксировать, что скорость их падения различна. Если же эти тела поместить в прозрачную трубу, из которой выкачан воздух, то они будут падать там с одинаковой скоростью. Одни и те же органы чувств дают в обоих случаях различные показания о поведении одинаковых предметов. До Галилея, в частности, считали бесспорным, что тяжелые тела падают быстрее легких. Показания органов чувств рассматривались здесь в качестве конечного и неопровержимого свидетельства. Использование материальных средств познания (труб, насо-

сов и т. д.) позволило получить совершенно другие чувственные данные.

Вот почему изучение роли материальных средств познания принципиально важно для критики исходных положений идеалистического эмпиризма. Исследователи изучают не деятельность органов чувств, не ощущения, а объекты при помощи ощущений. Деятельность органов чувств является объектом познания только для психологии, физиологии высшей нервной деятельности, эволюционной биологии и других наук, специально занятых изучением человека.

В научном исследовании необходимо знать те конкретные условия, при которых функции органов чувств становятся предпосылкой познавательных действий. Исследователю приходится учитывать возможность или невозможность наблюдения изучаемых объектов при помощи органов чувств и материальных средств познания, «границы чувствительности» естественных органов человека и приборов, сознательно принимаемые установки и используемые методы познания.

Материальные средства познания (сейсмографы, микроскопы, телескопы, высокочувствительные фотопленки и т. д.) позволяют выходить далеко за пределы возможностей органов чувств. С другой стороны, они не копируют избирательные способности органов чувств; приборы предназначаются для выделения и изучения характеристик предметов при определенных сознательно создаваемых условиях, которые можно многократно воспроизводить или видоизменять. Изме-

нения в показаниях органов чувств задаются точными изменениями в средствах и объектах познания.

Знание познавательных возможностей органов чувств, несомненно, один из исходных пунктов в разработке методологии науки. Но в то же время необходимо учитывать предпосылки и условия их деятельности, которые, с одной стороны, исторически складываются, а с другой — сознательно планируются и изменяются. В каждую эпоху развития науки исследователи располагают только теми материальными средствами познания, которые удалось сконструировать и освоить. О возможных средствах познания можно рассуждать, но нельзя исходить из них в изучении и объяснении уже выделенных предметов. В этом смысле исследователи располагают всегда совершенно определенными возможностями. На этой основе они сознательно планируют использование существующих средств познания, открывают в них ранее неизвестные познавательные возможности, ищут пути конструирования новых приборов, установок и т. д.

Вопрос о познавательной роли ощущений можно теперь конкретизировать следующим образом: как различать чувственные данные и факты в научном исследовании? Ученому нельзя здесь руководствоваться только интуицией; необходимы совершенно определенные критерии. В стихийно-эмпирическом процессе познания таких критериев, как правило, не существует. Именно поэтому, например, длительное время считали неопро-

вержимым фактом, что Солнце также движется вокруг Земли, как и Луна.

Выделение, отбор и проверка фактов в науке обязательно связаны с эмпирическими познавательными действиями, т. е. с методами наблюдения, измерения и эксперимента, а следовательно, с показаниями органов чувств — прямыми или косвенными (как, например, в изучении микромира). Ошибочно говорить в науке о фактах, изолируясь от методов их выделения и используемых материальных средств познания. Возвратимся к эксперименту Галилея. Ученый установил факт, игравший в последующем развитии науки очень важную роль: «Все тела притягиваются к земной поверхности с одинаковой силой». Этот факт невозможно было установить независимо от материальных средств познания и от эксперимента, в основе которого лежала гипотеза о закономерном действии сил земного притяжения. Тем более невозможно было найти количественное выражение действия этих сил, опираясь только на непосредственное наблюдение. Галилей нашел это количественное выражение при помощи тщательно продуманного измерения.

Выделение, описание, проверка и объяснение фактов в науке связаны с теми или иными системами научных знаний. Факт, открытый Галилеем, получает описание и объяснение в классической механике. Независимо от научных систем знаний, часто просто нельзя сказать, к какой области относится наблюдаемое явление, в каких понятиях его можно описать или объяснить и т. д. Напри-

мер, если установлено, что исследователь выделяет или проверяет факты в ядерной физике при энергиях менее чем 50 мэв, то он может использовать теории так называемой классической ядерной физики. Если же он имеет дело со значительно большими энергиями, то ему придется исходить из других теорий. Привлекаемые научные системы задают также логико-языковые, а нередко и математические средства, при помощи которых выделенные факты вводятся в науку.

Поэтому понимание фактов в научном исследовании обязательно предполагает использование разработанных методов, средств познания и систем знаний. Независимо от познавательной деятельности исследователей, факты в науке не существуют.

Отметим ряд критериев, согласно которым в науке выделяют, принимают и проверяют факты *.

а) Факты можно воспроизводить при заданных условиях. Это относится к упомянутому открытию Галилея. Такая же возможность существует и для других фактов: «Свет распространяется с постоянной скоростью»; «Заряд электрона постоянен»; «Атом водорода имеет массу $1{,}6724.10^{-24}$ г» и т. д.

б) Возможность проверки фактов при помощи различных способов. В особенности это относится к количественным характеристикам, или, как иногда говорят ученые, к ко-

* Мы отвлекаемся от особенностей выделения и проверки фактов, относящихся к общественной истории. Эта проблема требует самостоятельного разбора [30].

личественным фактам. В квантовой физике, например, разработке таких способов уделяется особенно большое внимание. С ними связано тщательное изучение многих величин, характеризующих элементарные частицы и атомно-ядерные процессы. Так, в определении и проверке энергий возбуждения ядерных уровней используется, по крайней мере, пять различных способов [31]. Разработка их составляет предпосылку для проверки и принятия фактов в этой науке.

в) Возможность однозначного практического использования фактов с целью дальнейшего изучения объектов, создания новых материальных средств познания и орудий труда. Например, постоянная скорость света предполагается во всех расчетах, связанных с движением и размерами небесных тел, величина заряда электрона — во всех экспериментах и расчетах в квантовой физике и т. д. Из этих фактов исходят при конструировании материальных средств познания, в которых используются свойства света и электрона.

г) Факт в науке является особым видом идеализации. Он первоначально устанавливается в сравнительно узкой области, доступной эмпирическому изучению. А затем предполагается, что все подобные предметы, свойства, характеристики или явления при заданных условиях можно рассматривать как факты. Например, предполагается, что все тела (скажем, камни) будут притягиваться к земле так же, как и тот камень, за которым устанавливается наблюдение, что заряды

всех электронов одинаковы, независимо от того, в каких конкретных экспериментах они используются.

Установленный факт дает возможность единообразно переходить от данного явления к любому подобному явлению при заданных условиях. Эта особенность используется в установлении подобия и взаимозаменяемости изучаемых явлений, свойств, характеристик, при постановке экспериментов, при отборе экземпляров для измерений, наблюдений и в других познавательных действиях.

В выделении, отборе и проверке фактов могут быть использованы различные идеи и гипотезы. С материалистической точки зрения необходимо последовательно различать факты о предметном мире и о развитии идей и гипотез. Факты второго рода обладают совсем другими свойствами. Здесь изучают время и способ введения идеи и гипотезы в науку, разбор предпосылок, определивших плодотворность выдвинутой идеи, установление имени исследователя, выдвинувшего ее, и т. д.

С разработкой критериев выделения фактов в науке связано также постепенное преодоление антропоморфизма, накладывавшего отпечаток на истолкование чувственных данных. Как отмечал М. Планк, «вся физика, ее определения и вся ее структура, первоначально имела, в известном смысле, антропоморфный характер» [32]. Такой антропоморфизм возникал не только под воздействием непосредственных практических потребностей. Весь наш опыт, говорит М. Планк, был

связан тогда с деятельностью органов чувств, поэтому физиологический элемент оказывается преобладающим во всех физических определениях. «Физические определения тона, цвета, температуры не заимствованы теперь от непосредственных восприятий соответствующих органов чувств. Тон и цвет определяются на основании числа колебаний или длины волны. Температура определяется теоретически при помощи абсолютной температурной шкалы, полученной на основании второго начала термодинамики» [33]. Такие же изменения происходят в понимании и определении «силы» и других понятий науки. Эти изменения совершаются прежде всего на основе разработки и использования материальных средств и научных методов познания. Освобождение от антропоморфных элементов в понимании фактов неизбежно приводит к изменению критериев и стандартов научных знаний, в особенности теоретических, к последовательному различению фактов и идей в научном исследовании.

4. Факты и гипотезы

Остановимся теперь на вопросе о выдвижении, эмпирической проверке и логическом обосновании гипотез. Здесь прежде всего сказывается подготовленность, целеустремленность, упорство, творчество и талант исследователей.

Одним из направлений развития науки является уточнение, эмпирическая проверка, логическое обоснование и изменение уже

сформулированных и принятых принципов, законов, теорий. Если, например, сравнить первоначальные формулировки принципа сохранения материи и движения в работах Майера, Гельмгольца и других ученых с современными, то мы увидим существенные различия. Ныне сохраняется лишь основная идея этого принципа; кроме того, сформулировано несколько принципов сохранения, относящиеся к импульсу, моменту количества движения, электрическому заряду и т. д.

Изменения и уточнения вносятся в многие исходные теоретические понятия наук. Такому уточнению и изменению, например, подвергаются понятия «вид», «факторы эволюции», «наследственность» и т. д. в биологии, «энергия», «взаимодействие», «одновременность» и т. д. в физике. Эта исследовательская работа, как отмечал М. Планк, необходима для развития науки. «...Ясность и целесообразность определений и способ распределения материала нередко содержат в себе в неявной форме последние и самые зрелые результаты исследования» [34].

Другое направление прогресса в науке — выдвижение гипотез, которые объясняют известные или новые факты, способствуют поиску новых явлений и законов, ведут к открытиям, к перестройке понятийного и логического аппаратов науки. По словам Ф. Энгельса, гипотеза есть форма развития естествознания, поскольку оно мыслит.

В научном исследовании решение той или иной проблемы всегда сопряжено с массой предположений и догадок. Во многих науках,

и прежде всего «в физике и химии,— писал Ф. Энгельс,— находишься среди гипотез, словно в центре пчелиного роя»[35]. Научные гипотезы нуждаются в разработке, обосновании и опровержении; с течением времени многие из них отпадают и остаются лишь наиболее плодотворные. И по-видимому, нет других путей к научным открытиям. В то же время ошибочные гипотезы отнюдь не бесполезны для развития науки. Они побуждают к выдвижению более продуктивных предположений, к поиску более эффективных решений научных проблем (в том числе и в других науках), к проведению новых экспериментов, измерений и наблюдений. Они могут повести к критическому анализу уже принятых принципов, законов, теорий. Во всяком случае они часто оказываются продуктивнее беспорядочных наблюдений и разрозненных экспериментов.

Гипотеза как форма научного объяснения и развития знаний подвергается тщательному изучению[36]. Сами исследователи пытаются осмыслить процесс ее выдвижения и разработки. Мысли, наблюдения и факты, содержащиеся в их работах, содержат немалый материал не только для истории науки и изучения психологии научного творчества, но и для развития методологии науки. Однако в таких работах отсутствует, как правило, систематический анализ гипотезы. Специальным исследованием этой формы развития научного знания занимается методология науки, выясняющая такой примерно круг вопросов:

а) какие требования необходимо предъявлять к научной гипотезе; от чего зависит ее продуктивность;

б) каковы логические особенности ее выдвижения и разработки;

в) каким требованиям должны удовлетворять эмпирическая проверка, логическое обоснование и выбор альтернативных гипотез;

г) выдвижение гипотез как особый вид научного творчества;

д) в чем существенные отличия научной гипотезы от спекулятивной и т. д.

В данной работе нет возможности рассматривать все эти вопросы. Остановимся на некоторых логико-методологических требованиях, предъявляемых к выдвижению и разработке гипотезы в современной науке. В сущности, именно они определяют познавательные действия ученого, характер научного творчества и многие другие вопросы.

Гипотезы в науке разрабатываются прежде всего для решения теоретических познавательных задач. Когда прибегают к их выдвижению? Чаще всего тогда, когда появляются новые факты, которые не удается объяснить при помощи уже известных законов и теорий. Когда в науке обнаруживаются новые факты, то ученые прежде всего пытаются согласовать их с установленными системами научных знаний. Этот путь очень часто оказывается плодотворным; таким образом проверяются и уточняются не только новые факты, но и привлекаемые системы знаний. Нередко это ведет к их модификации,

к уточнению сферы применимости и условий действия. Таким путем уточнялись газовые законы, законы термодинамики и многие положения и теоретические системы знаний в науке.

Но очень часто складывается иная ситуация: после тщательного изучения обнаруживается, что новые факты относятся к другой предметной области и имеют другую качественную природу. В таких случаях никакая модификация существующих систем знания не приносит успеха; приходится искать новые способы объяснения. Гипотеза и является основным средством такого поиска. Например, для согласования законов механики, открытых в XVII—XVIII вв., для единообразного объяснения поведения небесных и земных тел выдвигается гипотеза о существовании особых, гравитационных, сил.

Аналогичные ситуации имели место в физике, в связи с открытием радиоактивности или квантовой природы излучения, и в других науках.

Роль гипотезы в развитии научных систем знаний и познавательной деятельности исследователей осознается постепенно. Ньютон в свое время говорил: «hypotheses non fingo» — «гипотез не сочиняю», хотя сам выдвинул и разрабатывал идею о существовании и действии гравитационных сил. Глубокий смысл знаменитой фразы Ньютона состоит в том, что он стремился отграничить научные методы рассуждения и решения проблем от спекулятивных. В то же время его высказывание нельзя отделить и от всей системы

представлений ученых той эпохи о науке, о познавательной деятельности ученых, о методах и путях решения научных проблем и т. д. Познавательные возможности гипотез осознаются вместе с их разработкой и использованием. Большую роль начинает играть здесь анализ конкретных форм научных систем знаний — законов и теорий, их существенных особенностей и различий.

В настоящее время исторически сложившиеся требования, которым должно удовлетворять формулирование гипотезы, носят принудительный характер. Выполнение их во многом обеспечивает плодотворность усилий исследователя, невнимание к ним мешает правильной оценке результатов научной деятельности.

Ранее мы рассмотрели, каким требованиям должна удовлетворять любая система знаний, которую можно подвергать эмпирической проверке, а следовательно, использовать для объяснения и предсказания специфических фактов. Эти требования относятся и к научным гипотезам. Однако к последним предъявляются и более конкретные или специфические требования. Рассмотрим некоторые из них.

1) Гипотеза всегда формулируется по отношению к той или иной предметной области. Это означает, что исходным пунктом при ее выдвижении служат те или иные факты, в виде которых данная предметная область включается в научное исследование. Факты получают объяснение при помощи выдвигаемой гипотезы; из них исследователь исходит

в поисках новых фактов и законов; они являются конечным пунктом эмпирической проверки всех предположений. Например, гипотеза о существовании особых — гравитационных сил выдвигается для согласования друг с другом и единообразного объяснения таких фактов, как: а) все тела в земных условиях падают на земную поверхность; б) все планеты солнечной системы движутся по однообразным орбитам и т. д. Гипотеза Марии Кюри-Склодовской о том, что радиоактивность есть особое внутреннее свойство атома, также основывалась на фактах: а) излучение происходит и при отсутствии света; б) радиоактивность не подвержена воздействию известных сил и явлений: давления, температуры, электрических и магнитных сил, химических реакций и т. д.; в) соли урана самопроизвольно испускают невидимые излучения, обладающие большой проникающей силой (через металлическую фольгу и другие материалы); г) некоторые урановые смоляные руды обладают значительно большей интенсивностью радиоактивного излучения, чем металлический уран и т. д. Гипотеза М. Планка основывалась на хорошо установленных фактах: а) свойства теплового излучения не зависят от особенных свойств какого-либо вещества, б) тепловое излучение зависит только от температуры и длины волны и т. д.

2) Гипотеза должна быть сформулирована в виде таких обобщений или утверждений, которые позволяли бы по-новому логически рассуждать о предмете, не обращаясь после

каждого шага рассуждений к эмпирическому материалу. Введение новых теоретических понятий — необходимое условие плодотворности гипотезы.

Если обратиться к упоминавшимся выше научным предположениям, то в их основе лежали новые понятия: гравитационные силы (у Ньютона), радиоактивность как внутреннее свойство атома (у Кюри-Склодовской), квант действия, дискретный характер изменений энергии, излучения и поглощения (у Планка).

Однако недостаточно только ввести принципиально новые понятия; гипотеза — инструмент или средство построения логических выводов относительно изучаемой предметной области. Следовательно, новые понятия и идеи следует сформулировать таким образом, чтобы, исходя из них, можно было строить новые выводы. Это значит, что сами новые понятия вводятся при помощи логических определений, позволяющих делать однозначные выводы и проверять их путем наблюдений, измерений, экспериментов. Если гипотезы формулируются на языке математики, то выводы в таком случае строятся в математической форме. В этом обнаруживается познавательная роль математики как средства построения логических выводов.

Всякую гипотезу можно плодотворно применять только при условии, если исследователь относится к ней так же, как к уже принятым теориям, иначе говоря, исходит из нее как из установленной системы знаний. Без этого условия он не может строго после-

довательно рассуждать, делать выводы и проверять их эмпирически. Никаким другим путем ему не удастся обнаружить, где именно и в чем выводы из гипотезы не согласуются с уже установленными фактами и мешают поискам новых фактов. Здесь исследователь вынужден исходить из той или иной детерминистической концепции в истолковании предмета, в организации научного исследования, в построении логических выводов и их эмпирической проверке. Его рассуждения строятся по схеме: «если допустить действие таких-то и таких-то сил (явлений, причин, законов, принципов и т. д.) в данной предметной области, то при однообразных зафиксированных условиях необходимо ожидать таких-то и таких-то результатов». В этом смысле детерминистическая концепция предполагается не только в применении эмпирических методов познания, но и в логических рассуждениях и при использовании математических аппаратов и методов.

С детерминистической концепцией связано и еще одно важное условие плодотворного использования гипотезы: если предполагается, что в данном случае действуют некоторые принципы или законы, то фактически принимается запрещение относительно действия других принципов и законов при тех же условиях.

3) Гипотеза разрабатывается так, чтобы ориентировать на использование эмпирических методов познания или предполагать их, по крайней мере, в принципе. Исследователь не может исходить из любого мыслимого

предположения. Он тщательно отбирает конкретные характеристики, связи, зависимости, взаимодействия, условия, которые возможно объяснить при помощи предполагаемых сил или законов, выделяет такие стороны в предмете, с которыми можно согласовать логические рассуждения (в логике они получили название эмпирически наблюдаемых предикатов), вводит такие понятия, термины и знаки, которые допускают эмпирическую интерпретацию. Это означает, что научная гипотеза в известных границах задает характер необходимых и возможных эмпирических познавательных действий исследователей.

Возвратимся к гипотезе Ньютона. Поведение небесных тел и падение тел на земную поверхность рассматриваются в ней как закономерные следствия действий гравитационных сил; эти силы существуют в природе всюду, поскольку все тела обладают массой. Эта гипотеза задавала характер теоретических вопросов относительно реальных предметов и их поведения при тех или иных условиях: каким образом притяжение зависит от массы тел и от расстояния между ними? Чем отличается ускорение различных тел в одном и том же гравитационном поле? Можно ли количественно выразить силу тяготения? и т. д. Ответы на них позволили установить, что сила притяжения между двумя любыми телами зависит от масс обоих тел и пропорциональна их произведению. В отличие от других сил природы, действие гравитации изменяется в зависимости от расстояния; силы тяготения подчиняются закону обратной

пропорциональности квадрату расстояния. Исследования привели Ньютона к формулированию закона тяготения: две планеты притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной их массам и обратно пропорциональной их расстоянию от центров масс.

Гипотеза потребовала тщательного изучения массы как источника взаимного притяжения тел; это свойство массы не удавалось понять, исходя только из второго закона Ньютона. Получалось, что масса играет существенную роль в зависимости между силой и ускорением ($F = m \cdot a$) и в то же время определяет величину сил притяжения. Значит, надо было изучить отношения между тяготением и ускорением. В итоге было установлено, что ускорение зависит только от масс тел, создающих поле тяготения, и от расположения их в пространстве, но не от каких-либо конкретных свойств падающих тел.

Ответы на все эти вопросы не заданы гипотезой. Их приходилось искать как путем логических рассуждений, так и при помощи наблюдений, измерений, экспериментов. Так, экспериментальным путем (в эксперименте Кэвендиш наблюдал, каким образом отклоняются чувствительные весы при поднесении большого свинцового шара к одной из гирь) была определена постоянная величина тяготения (G). Знание этой постоянной позволило, в свою очередь, вычислить по орбитам планет массу Солнца и Земли, получить огромное количество новых фактов.

Гипотеза М. Кюри-Склодовской ориентировала не только на изучение самого, ранее

не известного, свойства атома, но и на разработку новых методов и материальных средств исследования. Ранее разработанные способы изучения температуры, давления, магнитных и электрических полей, химических реакций и других известных явлений оказывались здесь не эффективными. С этой гипотезой связано открытие ряда радиоактивных элементов — радия, полония, актиния, иония. Она сыграла выдающуюся роль в формировании и развитии всей современной атомной физики.

Гипотеза М. Планка о дискретном характере процессов излучения и поглощения не только ориентировала на использование эмпирических методов познания, но развивалась и утверждалась прежде всего на основе эмпирических исследований.

Вначале, на основе многочисленных экспериментов, эмпирическим путем была «найдена новая формула излучения, которая вполне удовлетворительно выдерживала... экспериментальную проверку». «Но даже если бы эта формула излучения оказалась абсолютно точной, то она имела бы очень ограниченное значение — только как счастливо отгаданная интерполяционная формула» [37]. Нужны были новые исследования. Проблема оставалась во многом нерешенной: «...или квант действия был фиктивной величиной — тогда весь вывод закона излучения был принципиально иллюзорным и представлял просто лишенную содержания игру в формулы — или при выводе этого закона в основу была положена правильная физическая мысль —

тогда квант действия должен был играть в физике фундаментальную роль...»[38]. Тщательные эксперименты подтверждали квантовый характер излучения. М. Планк формулирует закон распределения квантов — соотношение, связывающее энергию кванта с частотой соответствующей электромагнитной волны: $E=h\nu$. Вместе с тем была открыта постоянная Планка (h) — универсальная физическая величина, которую теперь можно было использовать как особую неизменную единицу измерения. В эмпирической проверке и дальнейшем развитии гипотезы М. Планка принимали участие многие выдающиеся ученые — А. Эйнштейн, М. Борн, П. Дебай, Н. Бор и др. Были получены новые факты о свойствах частиц и процессов в микромире. Успехи всей современной квантовой физики связаны во многом с гипотезой гениального немецкого ученого.

Знание и разработка требований, предъявляемых к выдвижению и формулированию гипотез, важны также для оценки тех из них, которые принципиально не поддаются решению, для разграничения научных и спекулятивных гипотез, при выборе между альтернативными гипотезами.

Перед исследователем часто встает нелегкая задача: каким образом избежать принципиально не допускающих решения гипотез. Здесь нельзя положиться только на опыт или интуицию. Не всегда легко найти такое направление для рассуждений, которое ведет к обнаружению предполагаемых фактов или законов. Поэтому требуется серьезное изуче-

ние того, что именно может дать данная гипотеза. В противном случае может создаваться лишь иллюзия решения. «Однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что трудности не преодолены, а только отодвинуты, и притом в такую область, которая почти недоступна экспериментальной проверке»[39].

Спекулятивные гипотезы, в отличие от научных, нельзя однозначно связывать с фактами, проверять при помощи эмпирических методов познания, получать на их основе специфические эмпирические следствия. Разберем это на одном примере. В свое время Аристотель предположил, что планеты движутся по кругам, потому что круг является самой совершенной фигурой. Подобный подход мы встречаем и у Птолемея. Гипотеза Аристотеля, по существу, спекулятивна. Она не требует изучения фактов о реальном движении планет: о скорости и ее изменениях в тех или иных условиях, о направлении движения, о массах планет и т. д. Дается готовое решение: поскольку предполагается, что круг наиболее совершенная фигура, то объяснение задано с самого начала как логический вывод из исходного постулата. Результаты наблюдений, измерений, экспериментов здесь не только не используются, но и не нужны. Если же возникает какая-либо необходимость обращения к фактам, то их привлекают, как правило, произвольно. Воззрения Аристотеля получили широкое распространение и просуществовали до эпохи Коперника, Галилея и Ньютона. Гипотеза Ньютона обладает

принципиально другими познавательными возможностями.

Несмотря на то что до настоящего времени не известен конкретный механизм действия гравитационных сил и не существует приборов, которые позволяли бы фиксировать характер этих сил (например, их корпускулярную или волновую природу и т. д.), гипотеза Ньютона продолжает играть, в отличие от спекулятивной гипотезы Аристотеля, исключительно важную роль в развитии науки. Новым этапом ее разработки стала общая теория относительности А. Эйнштейна, связывающая природу тяготения с изменением свойств пространства и времени вблизи масс. Эйнштейн в разработке своих идей продолжает основные исходные методологические установки Ньютона: начинать исследование с наблюдаемых свойств движущихся тел, найти и сформулировать правила для точного предсказания их поведения в будущем, эмпирически проверять предсказания и т. д.

В истории науки выдвигалось немало спекулятивных гипотез [40]. Часто на их утверждение и опровержение затрачивались усилия многих поколений ученых. Изучение причин их неэффективности, несомненно, не утеряло своего значения и для современной науки.

Научные предположения, которые пока еще по тем или иным причинам не разработаны в виде гипотезы и потому не подвергнуты эмпирической проверке, также следует отличать от спекулятивных утверждений. Так, известный астроном Фред Хойл выска-

зывает следующее предположение: «Взаимодействия на больших расстояниях и многие константы в действительности подвержены медленным изменениям во времени. Эти изменения очень малы по сравнению со скоростью разбегания галактик. Поэтому точные значения мировых постоянных не абсолютны — они просто принадлежат эпохе, в которой мы случайно живем» [41]. Это предположение нельзя считать спекулятивным. Оно относится к реально существующим объектам и изменениям их количественных характеристик, оно не только нуждается в эмпирической проверке, но и позволяет осуществить по крайней мере в принципе такую проверку; оно обращает внимание на условия, при которых возможны такие изменения и т. д.

Нередко выдвижение и разработка подобных предположений сопровождается сложной научной и идейной борьбой. Такая борьба, например, шла вокруг предположений о существовании гена — особого наследственного вещества. Трудности эмпирической проверки таких предположений могут «трансформироваться» в идейные установки и разногласия, получать неправильное методологическое объяснение [42].

Логико-методологическая подготовленность исследователя требуется не только для разработки новых, но и для выбора из уже имеющихся гипотез. Нередко в науке одни и те же явления получают объяснение при помощи различных гипотез (в астрономии, квантовой физике, молекулярной и эволюционной биологии и т. д.). Выбор наиболее

продуктивной из них требует немало времени и сил. Здесь исследователь может столкнуться со сложными задачами — эмпирическими и логическими. Сами исследователи чаще всего обращают внимание на умение эмпирически проверять те или иные следствия из гипотезы. Реже подчеркивается важность умения анализировать гипотезы, их структуру и логические возможности. А между тем именно такой анализ требует очень высокой логико-методологической подготовки, и именно он становится исходным пунктом выбора наиболее продуктивной гипотезы для дальнейших исследований. Этот анализ связан с критическим изучением сложившихся направлений в науке, с поиском и обоснованием новых направлений. Например, анализ гравитационной гипотезы Ньютона и всей классической механики сыграл большую роль в разработке специальной, а затем и общей теории относительности А. Эйнштейна. В логико-методологическом анализе гипотез приходится отдельно изучать исходные факты, исходные идеи и привлекаемые знания. Нельзя смешивать эмпирическую проверку при помощи установленных фактов и логическое обоснование выдвигаемых идей при помощи тех или иных систем знаний.

Наличие альтернативных гипотез — предпосылка прогресса в науке, ибо таким путем удается избежать предвзятости, заданности в истолковании фактов. Сравнение познавательных возможностей различных гипотез ведет к логико-методологическому разбору предлагаемых в них решений. И опять-таки

результаты, полученные логикой и методологией науки, могут во многом способствовать преодолению возникающих здесь трудностей.

Переход от идеи или предположения к гипотезе и от гипотезы — к теории и закону также возможен только благодаря выполнению требований, предъявляемых к гипотезе. Он также связан с систематическим изучением ее познавательных возможностей, с разработкой и уточнением логического, понятийного, а нередко и математического аппаратов гипотезы.

5. *Материалистическая диалектика и проблемы методологии науки*

Материалистическая диалектика является всеобщей методологической основой науки. Идеи, принципы, категории диалектики осмысливаются и разрабатываются как особые требования, предъявляемые к познавательной деятельности в науке.

Невозможно разрабатывать методологию науки, не избрав исходного теоретического пункта. Но нельзя на нем останавливаться и делать только его предметом изучения. Познавательная деятельность в науке складывается и осуществляется на основе исторически возникших и проверенных традиций, требований, навыков, методов. Вместе с тем она все время сопряжена с поиском новых

объектов, новых путей и способов объяснения, с разработкой новых средств познания, с формулированием новых идей и включает в себя творчество даже там, где решение проблемы уже найдено. Всегда возможны и желательны уточнения, поиски более эффективных способов практического использования сделанных открытий и т. д. Познавательная деятельность в науке непрерывно претерпевает существенные изменения с возникновением новых средств познания, с открытием новых объектов, с увеличением объема научных знаний и усложнением научных проблем. Особенно большие изменения возникают в ней под воздействием современной научно-технической революции: исследователи получили в свое распоряжение новые, ранее не известные средства познания — электронно-вычислительные машины, экспериментальные установки и т. д. Все эти изменения становятся существенной предпосылкой познавательной деятельности в современной науке. Методология науки не может игнорировать эти изменения, ей необходимо располагать точными фактами, характеризующими деятельность ученых, ее особенности, ее изменения под воздействием тех или иных составных элементов научного процесса познания. Такие факты образуют эмпирический исходный пункт для разработки методологии науки.

Поэтому ее нельзя рассматривать только как применение положений материалистической диалектики на специфических уровнях. В сущности, к этому выводу мы неизбежно

приходим тогда, когда пытаемся раскрыть действительный методологический смысл тех или иных положений материалистической диалектики. Возьмем, например, важное требование диалектики, на которое обращал внимание В. И. Ленин: «*объективность* рассмотрения (не примеры, не отступления, а вещь сама в себе)»[43]. Каким образом исследователь должен или может осуществлять это методологическое требование? При каких условиях оно вообще осуществимо? Очевидно, что это требование предполагает выделение и изучение точных фактов об изучаемом предмете, что в свою очередь связано с разнообразными эмпирическими и логическими познавательными действиями, с использованием средств познания, с анализом исходных систем знаний, разграничением логически возможных выводов о существовании тех или иных фактов от эмпирически проверяемых следствий и т. д. Исследователю приходится планировать и контролировать всю совокупность познавательных действий. В методологии она должна быть изучена и выражена в соответствующей системе понятий.

Не меньшие трудности возникают и при реализации других требований материалистической диалектики — изучать объекты науки в развитии[44], «в связи с конкретным опытом истории»[45] и т. д. Включение их в методологию науки невозможно без изучения познавательной деятельности. Поэтому предметом методологии науки должна быть реальная познавательная деятельность исследо-

вателей и научно-исследовательских коллективов.

Для разработки методологии науки материалистическая диалектика как теория познания имеет принципиальное значение. В ней сформулированы такие исходные теоретические положения, которые дают направление для разработки методологических проблем науки, в то же время многие положения методологии получают обоснование в материалистической диалектике. Рассмотрим под этим углом зрения ряд положений материалистической диалектики.

1. Нельзя объяснить процесс познания, исходя только из отдельных его элементов: из познавательной деятельности, из объектов или предметов познания, из средств познания, из знаний. В истории философии и науки такие подходы вели к односторонним, ошибочным, а нередко и идеалистическим концепциям. Идеалистические концепции чаще всего вырастали на истолковании познавательной деятельности человека как исходного, абсолютно самостоятельного начала в развитии познания. Домарксовский созерцательный материализм во многом возникает на основе такого понимания объектов познания, когда они считаются непосредственно доступными чувственному восприятию, независимо от практической и теоретической познавательной деятельности. Развитие познания можно представить как самостоятельный процесс духовного творчества, возникновения и обогащения идей. Такой подход является существенной особенностью гегелев-

ской идеалистической системы. Абсолютизация роли логико-языковых и математических средств познания так же неизбежно, как это было показано выше, ведет к ошибочному пониманию научного процесса познания.

Исходным пунктом изучения познавательной деятельности должен быть тот процесс, составной частью которого она является. При таком подходе можно объективно изучать ее строение и результаты, историю возникновения и развития. В данной работе сделана попытка показать плодотворность и необходимость такого подхода. Научный процесс познания складывается и развивается как относительно самостоятельный. Внутри него возникают особые потребности и условия для их реализации: сохранение, развитие и потребление знаний, возникновение и использование разнообразных идей, необходимых для научного познания, подготовка научных кадров, разработка средств познания и т. д. Изучение зависимостей, складывающихся между элементами этого процесса,— одна из задач методологии науки.

2. Исключительную важность имеет тезис о роли практики в развитии как стихийно-эмпирического, так и научного процесса познания. Практика или деятельность, направленная на изменение предметного мира, должна быть составной частью познавательной деятельности в науке. Она включает в себя прежде всего преобразование познаваемых объектов, конструирование и использование материальных средств познания, целе-

направленное изменение условий экспериментального изучения тех или иных характеристик, выделение и проверку фактов и т. д.

Как известно, в течение длительного времени выделение, познание и практическое использование значительного количества объектов совершалось вне науки и независимо от нее. Так было с перемещением тел в пространстве, со многими физическими, химическими, биологическими явлениями. Постепенно складывалось представление, что объекты науки и практической деятельности всегда совпадают; они даны науке так же, как и повседневной практике, но наука не продолжает их изучение, освоение и использование, начатое в практике, а приступает к их систематическому изучению якобы независимо от нее. Практическая деятельность при крайней неразвитости материальных средств познания вообще противопоставлялась научному познанию.

Разделение умственного и физического труда в классово-антагонистических обществах закрепляло этот разрыв. Практическое освоение окружающего мира, совершавшееся прежде всего трудящимися классами, противопоставляется научно-теоретическому объяснению этого мира. Практическая деятельность «выносится» за пределы науки. С этой точки зрения трудно было увидеть в практике источник действительных знаний о мире. Происходит, как писали К. Маркс и Ф. Энгельс, «обособление мыслей и идей в качестве самостоятельных сил» [46].

Однако в ходе развития самой науки складывается необходимость проводить наблюдения, измерения, эксперименты, т. е. возникает особый вид практической деятельности. Чем сложнее объекты, чем более они удалены от повседневного опыта, тем важнее познавательная роль этого вида деятельности. Кроме того, нужно заметить, что и в современной науке многое решается так называемым методом проб и ошибок[47], который обязательно предполагает практические познавательные действия.

С признанием познавательной роли практики материалистическая диалектика связывает гносеологическую функцию фактов в научном познании. Отсюда вытекает необходимость изучения и разработки механизма эмпирической проверки всех систем знаний. Объективную истинность знаний нельзя установить путем сопоставления с теми или иными философскими концепциями и теориями познания.

Эмпирическая проверка при помощи фактов не повторяет тех познавательных действий, которые исследователь совершал в ходе выявления и изучения этих фактов. Она складывается из относительно самостоятельных действий. Ее нельзя совершать, не проделав анализа проверяемых систем знаний. Исследователь должен установить, что именно предполагается подвергнуть эмпирической проверке: исходные принципы, отдельные следствия из них и т. д. Только после этого отбирают или ищут факты, при помощи которых осуществляется проверка. Далее, та-

кая проверка предполагает разграничение фактов и логико-языковых систем, использованных для выражения или формулирования знаний. Факты образуют исходный пункт всех методов эмпирической проверки — подтверждения, опровержения, предсказания.

В свое время английский физик и философ А. Эддингтон[48] утверждал, что между фактами и их теоретическим объяснением неизбежно существует круг: факты выделяют и устанавливают при помощи теоретических принципов, теоретические принципы эмпирически проверяются при помощи выделенных и установленных фактов. Эддингтон, по существу, не видел путей выхода из этого круга. Его взгляд является следствием такой теоретико-познавательной концепции, которая не разграничивает объективные системы, подвергающиеся изучению, от систем познавательных действий, логико-языковых средств и научных знаний. Материалистическая диалектика помогает вскрыть ошибочность такой концепции, поскольку связи, зависимости и взаимодействия, изменения и их результаты существенно различаются в каждой из упомянутых систем.

В объекте, подвергнутом изучению, исследователь выделяет структурные элементы, связи, зависимости, взаимодействия, состояния, обратимые и необратимые изменения, контролируемые и неконтролируемые условия и т. д. Взаимодействия материальных средств познания с ними проявляются и фик-

сируются в виде тех или иных конкретных изменений или результатов (в измерении, в эксперименте). Благодаря этому и возможно получать и воспроизводить факты, добиваться доступной точности измерений и т. д.

Для поиска и открытия фактов могут привлекаться различные принципы. В то же время открытые факты начинают «существовать» в науке, независимо от этих принципов. Они могут использоваться в различных системах знаний. Например, постоянная скорость света служит различным целям расчета в электродинамике, в астрономии и других науках. В специальной теории относительности этот факт формулируется в виде особого принципа, согласно которому истолковывается распространение электромагнитных волн, отношение между электрическими и магнитными единицами, между массой и энергией, верхний предел скорости переноса энергии (или вещества) относительно наблюдателя, ограничения, накладываемые на скорость связи между наблюдателями.

Связи и зависимости, складывающиеся в системе познавательных действий исследователя, существуют в виде принимаемой последовательности эмпирических и логических шагов, в виде того или иного способа согласования результатов, полученных при помощи различных методов и т. д. Изменения совершаются здесь в форме возникновения новых проблем, методов и средств познания, новых критериев и результатов и т. д.

Связи и зависимости в логико-языковых системах определяются характером правил оперирования знаками, терминами, понятиями.

Никакие принципы, законы, теории, гипотезы в науке невозможно ни формулировать, ни эмпирически проверять, минуя взаимодействие этих систем. В то же время разграничение их является исходной предпосылкой для изучения эмпирических и логических познавательных действий, для разработки механизма эмпирической проверки теоретических принципов.

В научном исследовании нельзя отождествлять выделение и проверку фактов и гносеологическую функцию установленных фактов. А. Эддингтон, по-видимому, не обращает внимания на это различие. Между тем речь идет не только о различных познавательных действиях, но и о различных методологических проблемах. Выделяя, проверяя и принимая факты, мы исходим из того, что их невозможно получить независимо от познавательной деятельности исследователей, от разработанных в науке средств и методов познания, от установленных систем знаний; в связи с этим формулируются и критерии того, что нужно считать фактом в науке. Рассматривая их гносеологическую функцию, мы решаем другую методологическую проблему: нельзя считать объективно-истинными принципы, законы, теории или гипотезы, никаким образом не получившие эмпирической проверки при помощи фактов. Конечно, все эти принципы и теории можно ло-

гически обосновать при помощи других систем знаний. Познавательную важность этого, часто очень трудоемкого, метода отрицать нельзя. Однако он не может ни заменить, ни отменить фактов, а следовательно, и их гносеологической функции в науке.

Поэтому «круг Эддингтона» непрерывно «разрывается» в реальной познавательной деятельности. Обнаружение фактов нельзя рассматривать как логически однозначный вывод из привлекаемых принципов. Здесь действуют предпосылки нелогического характера: наличие материальных средств познания, однозначно фиксируемых результатов практических познавательных действий, поддающихся контролю и сравнению и т. д. Кроме того, теоретические принципы, исходя из которых ищут факты, должны получать особое, независимое от искомых фактов, обоснование и проверку. Только при таком обосновании исследователь может рассчитывать на успешное использование этих принципов в своих поисковых усилиях.

3. Принципиально важную роль для разработки методологии науки играет положение материалистической диалектики об относительном характере всех наших знаний о мире [49]. В ходе развития классического естествознания сложились представления об абсолютной достоверности, точности и универсальной приложимости полученных знаний. В современном естествознании эти представления подвергаются пересмотру, который, как показал В. И. Ленин, касается не только самих естественнонаучных систем

знаний, но и теоретико-познавательных принципов и критериев. Если такого рода пересмотр основывается на субъективно-идеалистической традиции, то он приводит к отбрасыванию объективных критериев в оценке фактов, законов, теорий, гипотез. Теории в физике, например, начинают рассматривать только как символы, знаки, отметки для практики, что означает отрицание существования объективной реальности, независимой от нашего сознания[50]. Законы природы объявляют простой условностью, «ограничением ожидания» и т. д.[51]

К совершенно иным последствиям приводит диалектико-материалистический принцип относительности наших знаний. В каждую эпоху развития науки мы располагаем конкретными средствами и методами познания. Как в получении, так и в проверке знаний мы вынуждены исходить из них, с ними глубоко связаны наши критерии достоверности, точности, строгости.

Принцип относительности знаний предполагает также различение фактов и их теоретической интерпретации. Различные интерпретации одинаковых фактов не означают, будто одна из таких интерпретаций абсолютно истинна, а другая столь же абсолютно ложна. Чаще всего это указывает на трудности тех путей, на которых достигается объективно-истинное знание.

Ученые по-разному, а иногда и через драматические коллизии идут к осознанию и признанию принципа относительности наших знаний. Так, М. Планк решился обра-

титься к коллегам со своей квантовой гипотезой только после долгих и мучительных колебаний. Он хорошо сознавал, что его гипотеза может повести к глубокому пересмотру многих представлений классического естествознания. Полемика между такими выдающимися учеными, как А. Эйнштейн и Н. Бор, касалась, в сущности, не только исходных принципов квантовой механики, но и критериев эмпирической точности, логической строгости, обоснованности и достоверности содержания многих современных теорий и гипотез. В конечном счете речь шла о выяснении природы научных знаний, механизма их возникновения и проверки, о критериях, согласно которым они оцениваются и принимаются в науке.

Материалистическая диалектика ориентирует методологию науки на изучение тех предпосылок и зависимостей, которые определяют характер наших знаний о мире. Это означает, что необходимо исследовать не только строение изучаемых объектов, но и самого научного процесса познания, зависимости между элементами, из которых складывается познавательная деятельность.

4. Существенную роль в разработке методологии науки играет принцип конкретно-исторического изучения изменений и противоречий в развитии научного процесса познания.

Эти принципы приобретают особо важное значение в условиях современной научно-технической революции. Исследователи получают в свое распоряжение новые матери-

альные средства познания, которые во многом изменяют характер научно-исследовательского труда, возникают новые, ранее не известные виды разделения труда, а вместе с ними — новые условия познавательной деятельности как для отдельных исследователей, так и для научно-исследовательских коллективов. Рассмотрим в этой связи некоторые существенные изменения в познавательной деятельности исследователей.

Глава V

Роль исследователя в научных открытиях

1. Может ли машина заменить исследователя?

Появление и постоянное совершенствование электронно-вычислительных машин, все более широкое использование их в научном исследовании поставило проблему автоматизации умственного труда человека. Ранее материальные средства познания использовались для проведения наблюдений и измерений, для постановки экспериментов. Этой цели служили и служат многие приборы и экспериментальные установки. ЭВМ способны выполнять ряд функций человеческого мозга: запоминание, хранение и извлечение информации, сортировка фактов, способствующая выявлению закономерностей, математическое моделирование, переводы текста с одного языка на другой и т. д. Использование ЭВМ во многом изменяет характер умственного труда ученого. Управляющие, вычислительные и информационные функции этих машин позволяют высвободить огромную

массу умственного труда, особенно в таких процессах, как сбор, хранение и обработка информации. Небольшие группы ученых с помощью машин, совершающих более 1 млн. операций в секунду, могут выполнять трудоемкую исследовательскую работу.

Все это породило немалые трудности. Нужно было осмыслить не только опыт использования ЭВМ в научном исследовании, но и возможные перспективы развития науки и техники. Среди ученых начинаются дискуссии о функциях ЭВМ в научном исследовании. За короткий срок возникла колоссальная по объему научная литература. Огромные успехи в создании так называемых мыслящих автоматов порождают представления о возможности полной замены исследователя машинами. Проблема формулируется так: насколько необходим исследователь и его познавательные действия для получения знаний и для развития науки в целом? На первый взгляд, подобная постановка вопроса кажется надуманной, искусственно привнесенной в науку. Недаром соответствующие рассуждения называли новой мифологией, во многом родственной творчеству астрологов [1].

В настоящее время полемические увлечения и связанные с ними преувеличения затихают. Теперь накоплен опыт использования ЭВМ в научном исследовании. Стало ясно, что для решения дискуссионных вопросов нужны серьезные социально-экономические, социально-психологические и логико-методологические исследования. В конечном счете правильная оценка роли исследователя и

тенденций изменения в его познавательной деятельности глубоко связаны с развитием всей современной науки.

Дискуссии об изменении места и роли исследователя тесно примыкают к проблемам методологии науки. В центре внимания стояли и стоят следующие вопросы: а) В каких познавательных действиях ЭВМ могут замещать исследователя и можно ли описывать функции этих машин в понятиях логики и методологии науки? б) Какие изменения в познавательной деятельности исследователей можно ожидать в будущем в связи с усложнением созданных и разработкой новых видов ЭВМ? Насколько основательны прогнозы о возможном выполнении всех функций исследователя электронно-вычислительными машинами? в) Каким образом изменяется роль исследователя и его научно-исследовательского опыта в связи с широким использованием ЭВМ? г) Какие изменения вызывают и могут в дальнейшем вызывать подобные средства познания в подготовке научных кадров? Какие изменения возникают под воздействием ЭВМ в языке науки, в характере научных знаний? и т. д.

Влияние марксистской философии на развитие современной науки и на познавательную деятельность исследователей во многом зависит от правильной постановки и конкретного решения подобных вопросов. Негативное отношение к ним опасно, какими бы соображениями его ни оправдывали. Научно-техническая революция породила во многом совершенно новую ситуацию. Сейчас недо-

статочно только подтверждать новыми достижениями науки давно поставленные и правильно решенные теоретико-познавательные и методологические проблемы. Для дальнейшего прогресса науки более важно ставить и осознавать новые проблемы, которые, по словам К. Маркса, представляют собой *«научные* попытки революционизирования науки» [2]. В современных условиях они становятся основным двигателем и источником научного прогресса. Создание ЭВМ революционизирует один из самых сложных видов человеческой деятельности — умственный труд. Перспективы и последствия этого процесса нуждаются в конкретном изучении. Здесь недостаточно отвергать или поддерживать оформившиеся позиции только логическими аргументами, опирающимися на предшествующую историю развития научного процесса познания. Нужны новые аргументы, основывающиеся на тщательном изучении нынешнего облика науки.

Рассмотрим некоторые проблемы, непосредственно связанные с методологией науки.

1. Возможно ли вообще дальнейшее развитие наших знаний о мире только на основе модификации и совершенствования уже имеющихся знаний? Или их получение по-прежнему связано с поиском и включением новых объектов в научный процесс познания, с их изменением в практике, с получением новых фактов, т. е. со всей совокупностью эмпирических и теоретических познавательных задач, эмпирических и логических методов познания? Эта проблема поставлена развитием

современной науки. В самом деле, объем знаний растет невиданно быстрыми темпами, их хранение, переработка, совершенствование и эффективное использование становится все более необходимой задачей. Широкое применение ЭВМ стимулирует поиски методов решения этой задачи. Но вместе с успехами в этой области возникает вопрос, в какой мере дальнейшее развитие науки будет зависеть от совершенствования и модификации уже добытых научных знаний. Не является ли этот путь самым эффективным и не следует ли сосредоточить усилия исследователей на разработке соответствующих методов?

Думается, было бы большим заблуждением рассматривать этот путь как основной в дальнейшем развитии наших знаний о мире. Решающую роль по-прежнему играют исторически сложившиеся эмпирические методы познания — наблюдение, измерение, эксперимент, что подтверждается состоянием и развитием любой современной науки. Квантовая физика, например, столкнулась со сложной задачей поиска и обнаружения новых, ранее не известных, объектов. Потребовались новые материальные средства познания, усложнилась подготовка и проведение наблюдений, измерений, экспериментов.

Развитие квантовой физики вообще имеет очень большое значение для осмысления теоретико-познавательных и методологических проблем. В частности, стало очевидным, что трудности получения и проверки знаний колоссально возрастают там, где сужаются возможности наблюдать, измерять, ставить

эксперименты, изменять поведение объектов при заданных и контролируемых условиях. Модификация добытых знаний может подсказать новые решения и пути поисков. Но ни один исследователь не может останавливаться на этом. Он обязательно обращается к эмпирическим познавательным задачам и к эмпирическим методам изучения для поисков, открытия и изучения новых фактов. Аналогичным образом дело обстоит во всех науках, в особенности в химии, молекулярной биологии, астрономии, социологии.

Кроме того, качественные особенности многих вновь открываемых объектов не всегда совпадают с особенностями уже открытых и относительно изученных объектов. Ни один ученый не может рассчитывать только на повторение уже известных свойств в будущих исследованиях. Об этом свидетельствует переход науки к изучению микромира и история его познания, где обнаруживается все большее количество новых свойств и процессов. И здесь одна только модификация имеющихся знаний часто не дает эффективных результатов.

В этой связи существенно важным становится вопрос: может ли машина, подобно исследователю, ставить или осознавать проблему поиска новых специфических объектов, выбирать их и включать в научное исследование, формулировать эмпирические и теоретические познавательные задачи, проводить наблюдения, делать измерения, ставить эксперименты? Может ли машина целенаправленно изменять ситуации с целью выяв-

ления и изучения новых свойств, формулировать новые проблемы, контролировать познавательные действия, оценивать и проверять получаемые результаты? Все эти познавательные действия на практике очень сложны даже для подготовленных и опытных исследователей. Они только в современной методологии начинают подвергаться систематическому изучению. И только на основе детальных исследований мы сможем в дальнейшем разрабатывать эвристические программы для ЭВМ, которые будут эффективно использоваться в научном исследовании. Успехи в этой области пока еще небольшие, получены только первые результаты[3].

Поэтому исследователь остается и останется в обозримом будущем незаменимым в поиске, открытии и изучении новых объектов, в расширении и углублении наших знаний о мире.

2. Деятельность исследователя при решении любой познавательной задачи характеризуется пониманием целей и результатов, исходных и вновь создаваемых ситуаций, выбираемых методов и средств познания, отбором правильных и ошибочных шагов. Понимание, как показывают разнообразные исследования, очень сложное свойство человеческого мышления. Может быть, оно является одной из самых важных характеристик любого вида целенаправленной человеческой деятельности. Оно проявляется в координации различных видов информации с целью решения задачи, в контроле за ходом решения и в самоконтроле за необходимыми

при этом действиями. Оно организует любой вид творчества, любой поиск новых объектов. Понимание позволяет разграничивать известное и неизвестное, осмысленную информацию и бессмысленный набор знаков и т. д. Изучение особенностей понимания и его роли в получении, хранении, переработке и использовании информации становится теперь исключительно важной задачей науки.

Наряду с психологией, проблемой понимания занимается сравнительно молодое направление кибернетики — эвристическое программирование. Исследователи стремятся здесь создать общую для человеческого мозга и машин теорию работы систем, перерабатывающих информацию. В зависимости от разрабатываемых программ ученые связывают с пониманием различные мыслительные процессы и по-разному определяют «оператор понимания». Термином «понимание» обозначают свойственный людям информационный процесс, который «преобразует суждения из письменной или устной формы в познавательные представления «смысла»... этих суждений» [4]. С пониманием связывают также процессы преобразования входных последовательностей в те или иные внутренние представления [5]. Отдельные исследователи пытаются дать определение пониманию на «поведенческой основе». Вот одно из таких определений: «Система должна быть способна отвечать на вопросы в такой форме, которую люди считали бы разумной, распознавать вытекающие из определенных фактов следствия, извлекать из памяти факты, отно-

сящиеся к заданному вопросу, и, наконец, обнаруживать наличие обобщенного внутреннего представления для любого семантического содержания»[6]. Разрабатываются различные программы описания и реализации понимания.

В решении этих вопросов имеются кое-какие успехи. «Однако,— пишет У. Рейтман,— несмотря на обнадеживающие успехи в исследовании процессов установки, внимания, мгновенной памяти и ограничений переработки информации, а также их влияния на обучение навыкам.., на распознавание и формирование образов и сообщений, мы еще далеки от ясного и строгого объяснения того множества структур и процессов, которые лежат в основе человеческой разумности»[7].

Понимание играет большую роль в построении новых систем знаний. Ни одну из них нельзя отождествлять только с использованием формальных элементов или рассматривать как своеобразную машину для получения выводов. При разработке любой системы знаний исследователь обязательно выражает то или иное понимание данной предметной области. Нередко оно стимулирует дальнейшее исследование сильнее, чем соблюдение или несоблюдение отдельных формальных требований.

Отметим еще роль понимания в осмысленном включении исследователя в тот или иной вид научной деятельности. В сущности, понимание является одной из основных предпосылок для такого включения. Оно складывается из координации большого количества

фактов, сюда входит знание проблемы, умение выделять конкретные цели как этапы на пути к ее решению, способность формулировать познавательные задачи, которые приходится решать на каждом из таких этапов, навыки по использованию методов и средств познания и т. д. Понимание предполагает также умение выделять и разумно учитывать разнообразные и очень сложные организационные, социально-психологические, коммуникационные, эмоциональные и другие факторы окружающей среды. Оно помогает осознавать принадлежность к научной школе, которая ищет свои пути решения проблемы и задает уровень научно-исследовательской деятельности. Оно предполагает также сознательную оценку социальных целей и последствий научно-исследовательской деятельности. Возможности имитации человеческого понимания в поведении даже самых совершенных машин оказываются пока еще весьма ограниченными.

3. Существенной особенностью познавательной деятельности исследователя является творчество, от которого неотделимо приращение знаний в науке. Ни одно новое исследование не является копией предыдущих даже у одного и того же ученого. Если же сравнивать познавательную деятельность отдельных ученых, работающих над одними и теми же проблемами, то различия будут еще более значительными. Каким образом и почему они возникают? Несомненно, в этом проявляются индивидуальные психологические особенности исследователей. Однако наибо-

лее глубокие различия в характере творчества возникают на основе сознательно вырабатываемых исследователем установок. Индивидуальные способности исследователя существенно влияют на прогресс науки. Именно поэтому ученые очень высоко ценят творческие способности в собственной познавательной деятельности и в деятельности своих коллег.

Творчество как поиск и открытие новых, ранее не известных и не заданных решений — необходимое условие усовершенствования, модификации и унификации уже полученных знаний и средств познания, усвоения и передачи уже добытых результатов. Однако решающую роль оно играет в формулировании новых идей, гипотез и проблем, в открытии новых методов их решения, в конструировании и разработке новых материальных и других средств познания, в разработке новых методов получения и проверки знаний. Творчество всегда сопровождает поиски и открытие новых научных аргументов, опровергающих или отстаивающих те или иные идеи, гипотезы, направления поисков, предлагаемые решения и т. д., способствует возникновению разнообразных «точек роста» в науке.

Существует большая литература о творчестве в науке. Наиболее ценны здесь свидетельства самих исследователей. Однако изучение творчества с точки зрения проблем методологии науки только начато в нашей литературе [8]. Как известно, в методологии и логике науки не существует правил введения

обобщений различных уровней, выдвижения новых идей, гипотез, конструктивных решений, методов и т. д. Не существует строгих правил согласования познавательных задач на различных этапах научного исследования. Неразработанность этих проблем во многом ограничивает конкретное изучение природы научного творчества.

Творчество возникает в рамках тех действий, где оно подготавливается и стимулируется. Оно является частью познавательного опыта исследователя, его умения наблюдать, рассуждать, делать выводы, строить различные образы; часть этого опыта составляет интуиция. В конечном счете любая, самая неожиданная и оригинальная идея рождается и оценивается в границах этого опыта, в ходе решения тех или иных познавательных задач.

Каковы возможности современных машин в этой очень важной области? Все алгоритмы и программы машин основываются на жестко фиксированной последовательности операций. Хотя некоторые эвристические программы содержат «правила условных переходов и операторы случайного перебора», тем не менее «детерминированность операций» является их существенной особенностью [9]. Наиболее интересные результаты получены с помощью эвристических программ в области изучения процессов мыслительной переработки информации [10]. Однако все эти программы основаны на различных процессах оперирования символами: считывание, запись, копирование, стирание и сравнение

символов. Процесс переработки информации исследователем совершается по-другому: он характеризуется не только заданностью (найти готовое решение, определить уровень проделанных исследований, выяснить сложившиеся направления поисков, основные идеи и т. д.), не только оценками тех или иных источников информации, но и поисками, выработкой, формированием собственного решения. Информация воспринимается и перерабатывается сразу как бы в нескольких измерениях. Несомненно, такая переработка является творческим процессом. Здесь обязательно включается и предполагается понимание получаемой информации и выработка новой. И эта деятельность не доступна современным, даже самым совершенным машинам.

4. Всякий серьезный исследователь уделяет большое внимание осмыслению и обогащению собственного научно-исследовательского опыта. Для него это своеобразная «духовная лаборатория», которую он должен хорошо знать и умело использовать. У каждого ученого вырабатываются свои навыки в научно-исследовательской работе: умение наблюдать, размышлять, записывать мысли, вести беседы с коллегами, читать научную и художественную литературу и т. д. Многие ученые связывают свои успехи с усовершенствованием тех или иных навыков в работе. Леонардо да Винчи, Томас Эдисон и другие, например, вырабатывали привычку записывать мысли, приходящие в процессе размышления над теми или иными проблемами;

основное внимание они обращали не на точные формулировки, а на новизну, на новые подходы к решению проблем. Другие ученые считают необходимым записывать только результаты размышлений. Некоторые считают необходимым составлять точный перечень вопросов, подлежащих решению в той или иной последовательности.

Исследователи — это не идеальные роботы. Они — люди, обладающие теми или иными интеллектуальными, психологическими, нравственными особенностями. Скованность, робость, недоверие к собственным силам и опыту могут мешать развитию их способностей и возможностей. Самомнение и преувеличенное внимание к своей персоне также может задерживать развитие способностей. Выработка строгих масштабов для оценки достигнутых результатов является важной частью научно-исследовательского опыта ученого. Исследователи, невнимательные или неспособные к критическому осмыслению и обогащению собственного опыта, часто теряют один из самых важных источников и стимулов творчества в науке. Ни одна даже самая совершенная ЭВМ не способна постоянно осмысливать, обогащать и творчески использовать накопленный опыт.

Подведем итоги краткого разбора познавательных возможностей исследователя и самых совершенных ЭВМ. Ни одна наиболее важная познавательная функция исследователя — поиск новых объектов и связанные с этим разнообразные познавательные действия, понимание, творчество, осознанное отно-

шение к своему опыту — пока еще не может выполняться мыслящими автоматами. Исследователь остается основным «делателем» научных открытий. Изучение познавательной деятельности исследователей, предпосылок и тенденций ее изменения остается важнейшей задачей логики и методологии науки.

Науку развивают большие коллективы людей. В основе всех научных достижений лежат, в конечном счете, коллективные усилия исследователей. Однако это не умаляет роли отдельного ученого, его опыта, подготовленности и устремлений; напротив, изучение его индивидуальных навыков и особенностей исключительно важно для формирования научно-исследовательских коллективов и для развития науки в целом. Как бы ни возрастало значение научно-исследовательских коллективов в науке, нельзя логически мыслить коллективно, нельзя коллективно наблюдать, формулировать новые проблемы и идеи, строить и анализировать теории. Здесь предполагается использование результатов предшествующих усилий исследователей, но выполняются подобные познавательные действия отдельными учеными. Любое умаление их индивидуальных возможностей или пренебрежение ими неизбежно задерживает прогресс в науке. Стимулирование и развитие индивидуальных способностей и возможностей отдельных исследователей, умелое использование их опыта всегда было важным источником научного прогресса.

2. Особенности познавательной деятельности в современной науке

Использование ЭВМ предъявляет новые требования к познавательной деятельности ученого: умение четко формулировать задачи, умение сканировать, программировать, оперировать символическими языками и т. д. На приобретение навыков эффективного использования современных материальных средств познания затрачивается немало сил и времени. Нередко отсутствие таких навыков, недостаточная подготовленность исследователей становятся препятствием для включения отдельных ученых в научно-исследовательскую деятельность.

Овладение новыми средствами познания, несомненно, делает познавательную деятельность в науке более сложной. Однако существуют и другие причины, усложняющие ее. Рассмотрим кратко некоторые из них.

1. Наука наиболее быстро развивается там, где удается найти новые методы решения проблем. Поиски таких методов становятся важной частью познавательной деятельности исследователей. Укажем на два примера. Разработка и широкое использование статистических и вероятностных методов в изучении микромира было огромным прогрессом. Дело не только в том, что эти методы позволили получить большое количество

новых фактов о микрочастицах и микропроцессах и найти пути практического их использования. Они раздвинули наши представления о законах, характеризующих различные структурные уровни материи, о причинных зависимостях в мире. Наряду с динамическими законами классической механики, современная наука широко использует статистические, вероятностные функциональные законы и т. д. И другой пример. Проникновение количественных методов обработки данных в социально-экономические науки некоторые ученые называют переворотом, последствия которого в настоящее время пока еще трудно оценить [11]. Новые методы и подходы в науку приносит кибернетика.

Развитие многих наук — психологии, биохимии и др.— шло до последнего времени по пути выделения все большего количества свойств, характеристик, процессов и т. д. На этом пути получено много новых, часто существенно важных фактов. Но дальнейшая спецификация нередко превращалась в самоцель; при таком подходе неудачи в поисках законов, регулирующих те или иные процессы, всегда можно объяснить недостатком фактов. В принципе против такого объяснения возражать трудно. Однако в науке всегда полезно искать новые пути и методы решения проблем. Методы, оправдавшие себя при одних подходах, могут оказаться недостаточными и неэффективными при других, а иногда и сковывать поиски новых решений.

В классической нейрофизиологии, например, акты поведения связывались с функционированием тех или иных участков высшей нервной системы и мозга. Этот подход разрабатывался прежде всего школой И. П. Павлова. Были предложены строгие экспериментальные методы регистрации элементарных рефлекторных ответов на разнообразные виды раздражителей. Эти методы позволили накопить колоссальный экспериментальный материал. Складывалось представление, что дальнейшие исследования работы мозга, а следовательно, и разнообразных видов психической деятельности возможны только на этом пути. Но постепенно вместе с огромными успехами здесь накапливались и осознавались трудности. Становилось ясным, что попытка непосредственно связывать поведение — в широком смысле, включая и условные рефлексы — с физической организацией нервной системы не приносит успеха.

До последнего времени разрабатывалось большое количество разнообразных эвристических программ, моделирующих конкретные виды умственной деятельности человека (работу диспетчера и т. д.). Однако переход к более сложным программам столкнулся с трудностями, поскольку оставались неизвестными принципы переработки информации и многие другие функции человеческого сознания (самообучение, решение задач, узнавание, понимание и т. д.) [12]. Потребовались новые подходы к изучению этих функций. Они начинают разрабатываться в раз-

личных эвристических программах. Новый теоретический путь позволил выяснить комплексный характер работы человеческого мозга. По-видимому, многие его сложные функции невозможно разложить на более элементарные или свести к действию каких-либо простых структурных элементов мозга и нервной системы.

Поиски новых методов и подходов играют очень важную роль и в развитии физики микромира, молекулярной и субмолекулярной биологии, химии, социологических исследований. Они поглощают огромное количество времени исследователей, требуют творческих дерзаний и кооперирования усилий. На успех здесь могут рассчитывать только те исследователи, которые обладают глубокой подготовкой, широтой взглядов и пониманием основных тенденций развития науки. Нельзя ждать принципиально новых результатов, работая старыми методами.

2. Растущая дифференциация современной науки требует все более глубокой специализации исследователей, что становится важной предпосылкой повышения профессионального уровня любого вида научно-исследовательского труда. Однако наряду с этим наблюдается все большая интеграция наук в изучении сложных объектов и в решении многих научных проблем. В настоящее время пока еще не существует какого-либо однозначного понимания этого процесса. Иногда под интеграцией понимают необходимость кооперирования усилий иссле-

дователей, работающих в различных науках, для изучения таких сложных процессов, как биологические, социальные и т. д.; иногда — своеобразный синтез различных систем знаний.

Этот процесс нуждается в тщательном изучении. Мы, по существу, только начинаем осознавать его характер и последствия для развития науки и для познавательной деятельности исследователей. Под интеграцией мы будем здесь понимать такую связь различных наук, когда методы, принципы, идеи, разработанные для изучения одних объектов, становятся необходимыми и эффективными для изучения совершенно других объектов. Такая связь возникает на стыке физики и химии (физическая химия и др.), химии и биологии (биохимия и т. д.). По-видимому, в дальнейшем этот процесс будет продолжаться в еще более широких масштабах, о чем свидетельствует современная научно-техническая революция.

Интеграция предъявляет новые требования к научно-исследовательской деятельности, и в частности требует кооперирования усилий представителей различных наук. Причем кооперирование малоэффективно, если ученые, работающие в различных областях, не находят взаимопонимания в использовании методов, идей, принципов. Но это предъявляет новые требования не только к объему знаний, но и к методам их использования. Физик, желающий изучать, скажем, биологические процессы, должен знать суще-

ственные особенности живых организмов. Но главное — в поисках методов использования физических знаний для изучения биологических процессов, когда понятия квантовой механики применяют для изучения таких биологических процессов, как фотосинтез, светочувствительность сетчатки, биолюминесценция, механизмы ферментативной активности и т. д.[13] Творческие способности ученого в этом случае должны опираться на тщательный анализ самих привлекаемых принципов, теорий, законов, гипотез, идей. Часто такой анализ приводит к новой формулировке проблем, новому пониманию целей исследования, последовательности познавательных задач, он может оказывать влияние на все стороны научного исследования.

3. Исследователям почти во всех науках приходится для формулирования и решения проблем привлекать огромный объем знаний. Невозможно эффективно работать на переднем крае науки, изолируясь от все возрастающего потока информации. Постоянная включенность в этот поток побуждает к творчеству и задает уровень исследований. Выработка навыков использования информации сопряжена с большими трудностями. Здесь также необходимо кооперирование усилий представителей многих наук, включая методологию, логику, психологию, науковедение.

Наконец, познавательная деятельность в современной науке во многом изменяется и усложняется под воздействием разделения труда.

3. Разделение труда в современной науке. Экспериментаторы и теоретики

Разделение труда в науке идет по нескольким направлениям. Наряду с научно-исследовательскими коллективами, занятыми решением фундаментальных проблем, поиском новых направлений и методов, важную роль играют группы ученых, занятых прикладными исследованиями (специализированные отраслевые институты, заводские лаборатории, опытные заводы и т. д.), выделяются также особые группы ученых и инженеров, специально занятых разработкой новых материальных средств познания, и, наконец, экспериментаторы и теоретики.

Разделение труда между экспериментаторами и теоретиками связано прежде всего с характером изучаемых объектов. Квантовая физика, молекулярная и субмолекулярная биология, ряд отраслей химии и других наук имеют дело с весьма специфическими объектами. Обнаружение и изучение их требует не только особых материальных средств познания, но и колоссальных усилий исследователей. На кропотливое, тщательное планирование и проведение наблюдений, измерений и экспериментов уходит много времени. Эмпирическое изучение превращается здесь в особый вид познавательной деятельности, требующей высокой специальной подготовки

и выполняемой большими коллективами исследователей. Вот почему решение эмпирических познавательных задач становится относительно самостоятельным видом научно-исследовательской деятельности. В связи с этим возрастает внимание исследователей к эмпирическим методам познания и особенностям эмпирических знаний, к требованиям, которым должны удовлетворять вводимые в науку факты, к критериям эмпирической точности.

Сложность объектов на атомно-молекулярном, субатомном и субъядерном уровнях во многом определяет изменение роли теории в развитии науки. Ряд объектов в квантовой физике и других науках, изучающих микромир, вообще невозможно обнаружить независимо от теорий. «Поисковая функция» теорий и гипотез становится порой решающей. Поэтому возрастает внимание к требованиям, которым должна удовлетворять теория и гипотеза, чтобы выполнить такую функцию. Этот интерес тем более оправдан, что в изучении микромира увеличивается опасность спекулятивных рассуждений о непосредственно ненаблюдаемых объектах, «приписывания» им несуществующих характеристик и зависимостей. Эффективность и дальнейшая профессионализация здесь непосредственно зависят от умения создавать и модифицировать теории и гипотезы, от глубокого знания тех требований, которым они должны удовлетворять. Этим и объясняется постепенное выделение особых групп исследователей, специально занятых

разработкой теорий и гипотез,— теоретиков.

Ранее в истории науки было много выдающихся ученых, соединявших в одном лице и теоретика и экспериментатора (Ломоносов, Лавуазье, Фарадей, Гельмгольц, Максвелл, Кельвин, Сеченов и др.). В современной науке тоже немало ученых, сыгравших выдающуюся роль в развитии как экспериментальных, так и теоретических исследований (Павлов, Планк, Резерфорд и др.). Однако все чаще такое совмещение становится затруднительным. Теоретические исследования образуют такой «задел», который во многом определяет эмпирическое изучение и поиски эффективных методов практического приложения научных знаний.

«Теоретический задел» складывается из точно сформулированных и лишь нащупываемых научных проблем, из изучения путей, методов и средств решения этих проблем; важную роль играет здесь выдвижение и разработка оригинальных идей и гипотез, критический анализ предложенных решений. Сюда же относится согласование двух или нескольких теорий с целью построения более широкой теории; логическое обоснование одних систем знаний при помощи других систем знаний, унификация разработанных теорий, изучение возможных последствий тех или иных экспериментов и научных открытий для дальнейшего прогресса в науке и т. д. Решение таких вопросов очень трудоемко и требует особых навыков: умения анализировать системы знаний, делать логиче-

ские выводы из тех или иных гипотез, теорий, строить математические модели и т. д.

Выделение теоретиков и экспериментаторов — несомненный показатель прогресса науки. Однако вместе с тем возникают новые проблемы и трудности. Прежде всего значительно усложняются отношения между теоретиками и экспериментаторами. Эти группы ученых решают различные задачи, у них складываются различные навыки, интересы, критерии и оценки. Нередко это приводит к взаимному непониманию и разногласиям. К. Кол на Стокгольмском международном биофизическом конгрессе привел высказывания экспериментатора и теоретика о таких ситуациях, когда теория не согласуется с экспериментом: «Физик-экспериментатор Рихтмайер, например, сказал по этому поводу: «Если эксперимент и теория не согласуются, вы должны пересмотреть теорию, так как эксперименты — это факты», но буквально через несколько недель Кеннард, выступая с точки зрения теоретика, каковым он был, заявил: «Вы должны тщательно проверить эксперимент, который противоречит теории. Вы знаете, каково могущество теории, а потому ошибку должно искать в эксперименте»»[14].

Ученые-экспериментаторы имеют дело главным образом с самими познаваемыми объектами. Их задача — использовать средства познания, теории и гипотезы для выделения и эмпирического изучения фактов. Ученые-теоретики имеют дело в основном с результатами, добытыми экспериментаторами (с фактами и эмпирическими знаниями). Они

как правило, не принимают непосредственного участия в получении таких результатов. Возникает совершенно новый вид отношений одних групп ученых к продуктам познавательной деятельности других групп ученых.

При каких же условиях экспериментаторы и теоретики могут находить общий язык? Эта проблема касается не только профессиональной, но и логико-методологической подготовки исследователей. Важным условием взаимопонимания является изучение и знание требований, которые необходимо предъявлять к эмпирическим и теоретическим познавательным задачам в научном исследовании. Разногласия между теоретиками и экспериментаторами возникают не только в результате сложности и относительной самостоятельности решаемых познавательных задач, но и вследствие несоблюдения этих требований.

Разделение труда в современной науке существенным образом меняет место и роль методологии и логики науки. В ходе развития классического естествознания постепенно складывались представления, что философия имеет дело главным образом с исходными или конечными принципами, объясняющими процесс познания. Познавательная деятельность в науке и ее результаты оценивались с точки зрения этих принципов, но, как правило, не подвергалась систематическому объективному изучению. В настоящее время логико-методологические исследования превращаются в очень важную область разделения труда в науке.

В исследовательской деятельности очень большую роль играют навыки и способности каждого отдельного исследователя. Однако знания зависимостей между используемыми средствами и методами познания, с одной стороны, и получаемыми результатами, с другой, не всегда можно заменить этими ценными качествами. Здесь нужны специальные исследования; методология и логика делают эти зависимости предметом систематического изучения. Знания, получаемые в этих науках, становятся необходимой предпосылкой познавательной деятельности исследователей.

Принципы, с точки зрения которых организуется познавательная деятельность в науке и дается истолкование получаемых результатов, нельзя принимать на интуитивных основаниях. Они могут быть источником ошибочных представлений. Например, принципы непрерывности и гомогенности заставляли исследователей думать над тем, «каким образом с бо́льшими или меньшими усилиями втиснуть новый чуждый элемент в рамки общепринятых теорий...» [15], обосновывать логическую непрерывность между различными теориями. От такого подхода к построению теорий и к согласованию их друг с другом пришлось отказаться. Между теориями нет логической непрерывности, что следует из признания качественно различных форм движения материи. Каждая теория строится, исходя из особых, точно сформулированных оснований, для объяснения конкретной предметной области.

Ошибочное истолкование некоторых принципов имеет место и в современной науке. Длительное время часть физиков и философов за рубежом пыталась доказывать, например, универсальную приложимость соотношения неопределенностей. (Как известно, В. Гейзенберг сформулировал его в качестве особого принципа для изучения и объяснения импульса и координаты микрочастиц в квантовой механике.) Тщательные исследования показали, что соотношение неопределенностей не распространяется на большое количество характеристик микрочастиц: на электрический заряд, магнитный момент, спин, массу и т. д. Ошибочными были попытки использовать этот принцип для опровержения причинных зависимостей в микромире, для обоснования «свободы воли» электрона и т. д.

Немало проблем возникает и при согласовании эмпирических и теоретических познавательных задач. Теоретики могут решать задачи, непосредственно не связанные с эмпирическим изучением объектов. Например, согласование двух или нескольких теорий может быть необходимым для развития теоретических систем, а не для изучения той или иной предметной области. Результаты такой деятельности ученых нельзя прямо сопоставлять с фактами, полученными экспериментаторами. Здесь нужны другие критерии, и они обосновываются в методологии и логике науки. Эти критерии учитывают основные направления теоретических исследований в науке, потребности в логико-мето-

дологическом изучении научных систем знаний и языка науки, использование для этой цели уже известных или формирование новых методов и т. д.

Логика и методология науки систематически изучают научные знания и разрабатывают особые методы их анализа[16]. Исследователям необходимо знать эти методы и эффективно привлекать их для решения разного рода задач, встающих в научном исследовании. Указанные методы начинают играть очень важную роль в упорядочении, хранении и использовании возрастающего потока научной информации.

Изучение характера изменений в познавательной деятельности становится очень важным для понимания направления и перспектив развития науки. Логика и методология дают знания, необходимые для каждого исследователя. Они помогают ему сознательно перестраивать навыки и представления, сложившиеся под воздействием прежнего опыта научно-исследовательского труда.

Наконец, все вышеперечисленные обстоятельства нельзя не учитывать при подготовке научных кадров. И здесь методология и логика играют очень важную роль.

4. Подготовка кадров в современной науке

Характер и масштабы подготовки научных кадров (исследователей, ученых и т. д.) исторически изменяются вместе с развитием

науки и усложнением ее социальных функций. В рабовладельческом и феодальном обществах познавательная деятельность ученых была связана прежде всего с теми сторонами общественной деятельности, которые осуществлялись самими господствующими классами и были недоступны рабам и крепостным крестьянам. В ведении египетских жрецов, например, находился учет земельных владений и разбивка посевных участков после каждого разлива Нила; для этого им нужны были математические знания. В связи с земледелием и мореплаванием они начинают изучать астрономические объекты, которые в тех условиях были наиболее совершенным ориентиром в определении времени разлива Нила и наступления различных сельскохозяйственных работ.

В Древней Греции и Древнем Риме, этих классических рабовладельческих государствах, познавательная деятельность ученых также направляется прежде всего на те сферы, где сосредоточиваются экономические и политические интересы рабовладельцев,— городское строительство, мореплавание, ведение войн. Начинаются систематические исследования в области математики, механики, географии и описательного естествознания. Активно стимулировали научные исследования военные нужды рабовладельцев Греции и Рима. Технический уровень производства орудий войны был значительно выше других отраслей производства. В конструировании военной техники начинают использовать

простейшие законы механики, силы упругости и другие открытия той эпохи.

В средние века научные исследования развиваются крайне медленно. Они сосредоточиваются главным образом в монастырях и церквах. Господство религиозного мировоззрения мешало развитию науки. Религиозная регламентация распространялась на все сферы духовной жизни общества. Ни одно научное исследование не должно было ни по методу, ни по результатам противоречить догмам религии. К тому же ни феодалы, ни представители духовного сословия не могли видеть в рутинном сельскохозяйственном и ремесленном производстве сферу приложения знаний, а следовательно, сферу, нуждающуюся в специальном исследовании.

Иное отношение было к изучению общественных явлений. Господствующие классы усматривали свое предназначение и историческое оправдание в осуществлении умственного труда в обществе. Но по мере складывания и развития различных функций умственного труда начинают осознаваться противоречия в системах общественных отношений, основанных на господстве одних и подчинении других классов. Возникновение классов и классовой борьбы показывало, что над людьми стоят не только природные, но и общественные силы, действующие также принудительно, как и природные. В ту историческую эпоху это было важным научным открытием. Начинается выделение и изучение общественных явлений. Складываются науки об обществе.

В рабовладельческом и феодальном обществах изучение общественных явлений было связано прежде всего с интересами господствующих классов. Дело не только в том, что нельзя было игнорировать разделение общества на классы и их взаимно противоположные социально-экономические позиции. Сама познавательная деятельность постепенно осознается как очень важная функция представителей господствующих классов: ее нельзя было осуществлять, изолируясь от интересов своего класса, от задачи защищать средствами науки его социальные привилегии. Исследователи социальных явлений должны были искать ответы на вопросы, которые вставали в ходе общественного развития: как воздействовать на поведение подчиненных классов, каким образом управлять обществом, разделенном на взаимно противоположные классы, и т. д. Основным предметом социальных исследований становятся социально-экономические задачи господствующих классов; их решение превращается в основную сферу приложения получаемых знаний.

Все эти обстоятельства оказывали большое влияние на развитие науки в рабовладельческом и феодальном обществах, на характер подготовки особых групп людей, занятых научными исследованиями. Как правило, они не получали какой-либо специальной подготовки для изучения природы. Наибольшее внимание уделялось изучению социальных явлений. Поэтому уже в Древней Греции складываются школы для подготовки людей,

способных постигать и объяснять жизнь общества (например, школы Сократа, Платона и т. д.). В средние века вся наука была подчинена задаче обоснования религиозного мировоззрения, поэтому сами священнослужители получали соответствующие навыки истолкования явлений общественной жизни.

Характер и масштабы подготовки научных кадров существенно изменяются в капиталистическом обществе. Капиталистический способ производства утверждается и развивается на основе машинных средств труда. В соответствии с этим в материальном производстве коренным образом меняются способы обработки и использования веществ и сил природы. Физическая сила человека постепенно заменяется сознательным использованием сил природы.

С возникновением машинных средств труда стало возможным интенсифицировать материальное производство не только за счет физической силы и виртуозности рабочего. Открывался совершенно новый источник интенсификации: введение и усовершенствование машин. Но для этого нужно было искать новые пути и формы использования сил и веществ природы. Становятся необходимыми их систематические исследования. Конструирование и применение машин все более начинает зависеть от характера и объема знаний о природе. Возникали неизвестные ранее стимулы развития естествознания. Капиталистический способ производства изменяет роль

науки в обществе и темпы ее развития. В то же время он закрепляет отделение науки от рабочих, заставляет служить ее прежде всего интересам капитала.

Капиталисты начинают проявлять большую заинтересованность в развитии науки и в результатах научных исследований. Они приветствуют создание научных обществ, издание специальных журналов и книг по механике, физике, химии, астрономии, ботанике, агрономии и т. д. При их содействии создаются государственные академии, которые объединяют общества ученых. Колониальные устремления буржуазии стимулируют такие формы научной деятельности, как специальные экспедиции — географические, ботанические и т. д. Подготовке исследователей начинают уделять очень большое внимание. Создаются университеты, а затем и разнообразные специализированные институты.

В эпоху ожесточенной борьбы против экономического и политического господства феодалов буржуазия нуждалась и в развитии общественных наук. Ей нужна была новая идеология. Для ее создания и обоснования она сознательно обращается к науке. Нужны были аргументы против религиозного мировоззрения, против феодальных сословных традиций. Буржуазия активно стимулировала социальные исследования, поощряла разработку новых теорий, которые можно было использовать для критики феодальных производственных отношений.

Очень важную роль в борьбе с феодализмом сыграла в ту эпоху политическая эконо-

мия. Изучение экономической структуры буржуазного общества было необходимо для утверждения господства буржуазии. Капиталисту нужны были знания о тех экономических процессах, в которых ему повседневно приходится действовать и которые становятся условием его деятельности. Растет заинтересованность в обосновании наиболее продуктивных методов эксплуатации, в открытии новых источников получения прибавочной стоимости. В политической экономии капиталисты видели оружие борьбы со старыми порядками и средство обоснования преимуществ капиталистической организации общественного производства по сравнению с феодализмом. Ареной ожесточенной идеологической борьбы становятся история, юридические и политические науки, философия. В широких масштабах развертывается подготовка людей, способных вести разнообразные социальные исследования, развивать общественные науки и защищать новый общественный строй.

В XVII—XIX вв. науку в основном развивали отдельные ученые и небольшие группы научных работников. Однако уже в ту эпоху начинают изучать наиболее рациональные пути и методы подготовки научных кадров. Современную науку развивают большие коллективы людей. На подготовку их затрачиваются колоссальные средства. Важной проблемой становится изучение эффективности исследовательской деятельности научных коллективов. Эффективность научно-исследовательской деятельности зависит от

общественных целей, которые ставятся перед учеными и научными коллективами, от свободы ученых в постановке и решении общественно важных проблем, от критериев оценки результатов научной деятельности, от планирования и финансирования научных исследований, их оснащенности совершенными средствами познания, от организации научно-исследовательской деятельности. Наряду с этими факторами важную роль играет характер подготовки ученых.

Кратко остановимся на основных направлениях в подготовке научных кадров:

1. Специальная подготовка. Необходимость такой подготовки осознана давно. В современной науке она играет особенно важную роль в связи с продолжающейся дифференциацией наук и колоссальным ростом объема научных знаний. Специальная подготовка делится на экспериментальную и теоретическую. Экспериментальная подготовка складывается прежде всего из практического освоения материальных средств познания, из выработки навыков ставить эксперименты, проводить наблюдения и измерения, из умения записывать и сравнивать получаемые при помощи различных методов результаты.

Теоретическая подготовка направлена на изучение и освоение понятийного аппарата науки, методов решения теоретических проблем, на выработку навыков контроля за процессом рассуждения. Важную роль играет также знание исторически сложившихся подходов к решению научных проблем.

Во многих науках (физика, химия и т. п.) экспериментальная и теоретическая подготовка носят относительно самостоятельный характер. Это, конечно, не означает, что они оторваны друг от друга. Теоретик должен уметь задумать эксперимент, знать его познавательные возможности и т. д. Экспериментатор, в свою очередь, должен хорошо понимать теоретический замысел того или иного эксперимента, знать способы эмпирической проверки законов, теорий и гипотез. В противном случае теоретик и экспериментатор не найдут общего языка в решении научной проблемы, особенно в поиске новых методов такого решения.

Специальная подготовка научных кадров в условиях современной научно-технической революции порождает новые трудности. Дифференциация наук и связанная с нею дальнейшая специализация научно-исследовательского труда требуют сосредоточивать внимание на усвоении и развитии отдельных отраслей знаний. Узкая специализация — важное условие высокой профессиональной подготовки исследователей и предпосылка эффективности их работы. С другой стороны, решение комплексных проблем предполагает кооперирование усилий ученых, работающих в различных науках. Узкая специализация в таких случаях может стать препятствием для взаимопонимания. Часто исследователь вынужден обращаться за советом к представителям самых различных специальностей: к математику, логику, конструктору, библиографу и т. д. В таких случаях очень важно

научно грамотно сформулировать интересующий ученого вопрос. Узкая специализация и здесь может стать помехой. Следовательно, ученому необходимо обладать достаточно широкой подготовкой.

Наука развивается неравномерно. Так, за последние 50—70 лет особенно больших успехов добилась физика и отдельные отрасли химии. Современная физика характеризуется не только необыкновенным богатством новых оригинальных идей, гипотез, школ, в ней разработано большое количество теорий, используемых в различных сферах материального производства, широко применяются математические методы и аппараты для изучения разнообразных объектов и для формулирования знаний. Обращение к истории и достижениям физики и других наук, их методам и идеям способствует обогащению представлений о характере и направлениях научного прогресса вообще. Для достижения этих целей также требуется достаточно широкая подготовка ученых.

Поэтому подготовка научных кадров должна исходить из состояния науки, учитывать перспективы и тенденции ее развития. По-видимому, нуждаются в пересмотре и методы специальной подготовки. Ранее, вплоть до XX в., считали наиболее эффективным метод индивидуального обучения научно-исследовательской деятельности. В современной науке складываются и испытываются другие методы. Правда, не всегда удается соединить подготовку большого количества исследователей с контролем за формировани-

ем каждого отдельного ученого. Все эти вопросы ждут еще своего решения.

2. Математическая подготовка. Она направлена на усвоение математических методов и математических теорий, которые используются или могут быть использованы в научном исследовании. В современной науке роль математики все время возрастает.

Ныне уже недостаточно овладеть некоторыми навыками приложения математических аппаратов. Исследователю необходимо следить за развитием математики и привлекать математиков для решения тех или иных проблем.

3. Логическая подготовка. Она направлена на изучение и освоение логического аппарата, используемого в науке. Без соответствующих знаний очень трудно понимать и усваивать некоторые виды научной информации. Важной частью логической подготовки является изучение и усвоение методов анализа языка науки. Для решения многих проблем приходится привлекать большое количество знаний, обращаться к теориям и гипотезам, разработанным в других науках. Нерасчлененное или недифференцированное использование этих знаний может порождать неточности, заблуждения. Научные знания все в большей мере нуждаются в анализе, специальные методы которого разрабатываются в логике.

4. Философско-методологическая подготовка. В настоящее время такая подготовка включает в себя широкий круг вопросов: от

формирования мировоззрения ученого до освоения конкретных методологических проблем, играющих важную роль в научном исследовании.

Обратим внимание прежде всего на важную и все возрастающую роль методологической подготовки научных кадров. Выделим круг вопросов, изучение и решение которых особенно важно для подготовки ученых:

а) какие требования предъявляются к научному исследованию, к использованию выработанных в науке методов познания;

б) каков характер зависимости полученных в науке результатов от используемых методов и средств познания. В любом исследовании приходится тщательно анализировать эти зависимости для контроля за познавательной деятельностью;

в) каковы познавательные возможности ощущений, восприятий, представлений, а также логических форм мышления — понятий, суждений, умозаключений и т. д. В научном исследовании все формы деятельности человеческого сознания подлежат контролю и проверке. Некритическое их использование может вести к заблуждению;

г) какие требования предъявляются к формулированию научных проблем, к построению конкретных видов научных знаний: описания, объяснения законов, теорий, гипотез. Никакие результаты в науке нельзя принимать только на интуитивных основаниях. Исследователю необходимо сформули-

ровать и сознательно принять теоретически обоснованные критерии, стандарты и методы проверки получаемых в ходе исследования результатов. Именно в этом сказывается существенное отличие научно-исследовательской деятельности ученого от стихийно-эмпирической познавательной деятельности.

5. Историко-научная и науковедческая подготовка. В науке ни одно поколение не начинает и не должно начинать заново. Предшествующие достижения становятся исходным пунктом дальнейшего развития средств и методов познания, систем знаний, идей, направлений, поисков. История науки поэтому является необходимой школой подготовки научных кадров. Вероятнее всего, изучение и освоение предшествующих достижений науки должно сосредоточиваться прежде всего на: а) истории развития самой научно-исследовательской деятельности, ее методов, навыков, предпосылок и условий, ее зависимости от других элементов научного процесса познания; б) истории идей, проблем, гипотез, научных школ и направлений; в) истории развития научных систем знаний (их возникновения, изменения под воздействием новых методов проверки и обоснования, новых критериев и стандартов точности и строгости и т. д.).

Надо подчеркнуть, что овладение опытом предшествующих поколений исследователей нельзя сводить к изучению готовых результатов. История позволяет освоить идеи и творческие достижения ученых прошлого,

проанализировать изменения, совершающиеся внутри науки, возникновение «точек роста», проникнуть в творческую лабораторию классиков науки.

Что касается науковедения, то оно изучает науку как особое социальное явление. Внутри самой науки исторически складываются разнообразные формы организации научно-исследовательской деятельности, обмена результатами исследовательского труда, методы планирования и прогнозирования направлений исследования и подготовки научных кадров, определения эффективности научно-исследовательского труда и т. д. Все это становится предметом специального и систематического изучения в науковедении. Науковедческая, как и историко-научная, подготовка позволяет изучать, в какие системы зависимостей включается познавательная деятельность исследователей и каким образом эти системы влияют на эффективность научно-исследовательского труда и на социальные возможности науки в целом.

6. Нравственно-этическая подготовка. Ее важность осознана давно. Господствующие классы в рабовладельческом, феодальном и капиталистическом обществах активно формировали соответствующие установки ученых. Они объявляли защиту классовых привилегий служением социальному прогрессу, отождествляли ответственность ученых перед государством с ответственностью перед наукой и т. д. Однако в течение длительного развития науки у самих исследователей складываются особые нравственные установ-

ки: поиск точных фактов, даже если он сопряжен с какими-либо опасностями; получение и защита истины как основная цель познания, независимо от религиозных догматов или каких-либо других извне навязываемых науке принципов; уважение к исследовательскому труду своих коллег; разграничение собственных результатов и достижений от результатов и достижений предшественников и современников, презрение ко всяким формам присвоения результатов труда других исследователей и т. д.

Между сложившимися в науке нравственными нормами и моралью господствующих классов всегда существовали столкновения и конфликты. Особенно острыми они стали в капиталистическом обществе. Воздействие науки на социальные процессы все время возрастает. Наука открывает возможности создавать новые условия человеческого труда и человеческой жизни в целом. Однако господствующие классы стремятся использовать ее в антигуманных целях. Они направляют усилия исследователей на создание все более разрушительных средств массового уничтожения людей и исторически созданных культурных ценностей. На это затрачиваются колоссальные материальные средства. «...Благородная роль науки как инструмента развития человеческого общества», как «великого созидательного элемента в новой мировой культуре» оказалась «под серьезным вопросом» [17]. Кому и каким образом служит труд исследователей, какие социальные группы и с какими целями используют

научно-технические открытия — от этих вопросов не может теперь уйти ни один исследователь. Безразличие или невнимание к социальным последствиям научных открытий и изобретений становится преступлением. Нельзя прикрывать социальную безответственность ответственностью перед наукой, перед истиной или научными традициями. При этом недостаточно только следовать нравственным установкам, сложившимся в истории науки. Необходима этическая теория, которая связывала бы эти установки с прогрессивными устремлениями социальных групп.

Господствующие социальные группы стремятся подавить совесть ученых, расслабить их социальную ответственность. Они активно поддерживают идеи, противопоставляющие философскую, научную и интеллектуальную подготовленность нравственно-этическим нормам и принципам. Различными путями они формируют чувства исключительности, кастовости среди ученых; духовную замкнутость и изоляцию от современных социальных исканий, противоречий, от классовой борьбы в капиталистическом обществе они стремятся представить в качестве необходимого условия научных успехов исследователей.

Нравственно-этическая подготовка научных кадров в социалистическом обществе преследует совершенно другие цели и основывается на других принципах. Строительство социализма неотделимо от науки. Все его успехи связаны прежде всего с использова-

нием и развитием науки. Наука превращается здесь в средство решения социальных проблем. Деятельность ученых и научно-исследовательских коллективов сознательно направляется на улучшение условий труда, на продолжение человеческой жизни, на создание общественных отношений, исключающих социальное неравенство. Эти гуманные цели не надо скрывать ни от исследователей, ни от трудящихся классов. Нравственная подготовка научных кадров в социалистическом обществе направлена на формирование этих высоких целей как необходимой составной части мировоззрения. Эти цели не сковывают познавательную деятельность исследователей, не противоречат нормам, исторически сложившимся в научных коллективах. Социалистическое общество требует, чтобы исследователи служили благородным социальным целям средствами науки. Но для этого надо развивать науку, бороться за истину, разграничивать научные знания и различные субъективистские представления. Именно здесь марксистская партийность совпадает с научностью и превращается в высокое нравственное требование.

Марксистская философия обосновывает глубокую связь между нравственными нормами и гносеологическими установками в науке. В понимании этой связи проявляется и проверяется зрелость исследователя. Этика ученого требует не рекламировать, не поддерживать непроверенные, необоснованные выводы, факты, решения. Эти нормы полно-

стью согласуются с требованиями гносеологии. Никакая субъективная уверенность не может, с точки зрения марксистской гносеологии, заменить или отменить логико-методологических критериев — объективной истинности, точности, конкретности и т. д. любых результатов научно-исследовательского труда. Напротив, использование их и строгое следование вытекающим из них требованиям должны лежать в основе действительной уверенности ученого.

Литература

К введению

1. «Материалы XXIV съезда КПСС». М., 1971, стр. 206.

К главе I

1. *К. Маркс.* Капитал, т. I. *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Соч., т. 23, стр. 397.
2. Из рукописного наследства К. Маркса. «Коммунист», 1958, № 7, стр. 22—23.
3. *В. И. Ленин.* Лучше меньше, да лучше. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 391.
4. См. *М. Голдсмит, А. Маккей.* Введение. «Наука о науке». М., 1966, стр. 7—8.
5. *Г. М. Добров, В. Н. Клименюк, Л. П. Смирнов, А. А. Савельев.* Потенциал науки. Киев, 1969, стр. 21.
6. Там же, стр. 25.
7. *С. Пауэлл.* Надежды и проблемы современной науки. «Будущее науки». М., 1970, стр. 49.
8. *Г. М. Добров, В. Н. Клименюк, Л. П. Смирнов, А. А. Савельев.* Потенциал науки, стр. 19.
9. Там же.
10. *С. Пауэлл.* Надежды и проблемы современной науки. «Будущее науки», стр. 57.

11. *О. Хелмер.* Наука. «Горизонты науки и техники». М., 1969, стр. 23.
12. *В. И. Куценко.* Наука как объект социального управления. «Прогнозирование социальных процессов в социалистическом обществе. Наука как объект управления», выпуск 5. Киев, 1969, стр. 205.

К главе II

1. *Дж. Бернал.* Наука в истории общества. М., 1956, стр. 18.
2. См. там же, стр. 18.
3. *W. H. George.* The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods. London, 1936, p. 247.
4. *А. Эйнштейн.* Собрание научных трудов, т. 4. М., 1967, стр. 200.
5. *М. М. Карпов.* Основные закономерности развития естествознания. Изд-во Ростовского университета, 1963, стр. 15.
6. *В. В. Косолапов.* Информационно-логический анализ научного исследования. Киев, 1968, стр. 11.
7. *А. И. Ракитов.* Статистическая интерпретация факта и роль статистических методов в построении эмпирического знания. «Проблемы логики научного познания». М., 1964, стр. 375.
8. *М. Г. Ярошевский.* О трех способах интерпретации научного творчества. «Научное творчество». М., 1969, стр. 103.
9. См. «Проблемы исследования структуры науки». Новосибирск, 1967.
10. См. *В. Я. Ельмеев.* Наука и производительные силы общества. Уч. зап. ЛГУ, № 196, серия философских наук, выпуск 7, 1956, стр. 50.
11. *Ф. Махлуп.* Производство и распространение знаний в США. М., 1966, стр. 43.

К главе III

1. *St. Toulmin.* Philosophy of Science. An Introduction. N. Y., 1960, p. 11—12.

2. *W. H. George.* The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods; *W. I. B. Beveridge.* The Art of Scientific Investigation. New York, 1951.
3. *Ф. Энгельс.* Введение к английскому изданию «Развития социализма от утопии к науке». *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Соч., т. 22, стр. 307.
4. См. *П. В. Копнин.* Философские идеи В. И. Ленина и логика. М., 1969, стр. 288.
5. *Д. Пойа.* Как решать задачу. М., 1961, стр. 99—100.
6. См. там же.
7. См. *Б. М. Кедров.* О теории научного открытия. «Научное творчество». М., 1969, стр. 27.
8. См. *Ф. Энгельс.* Старое предисловие к «Анти-Дюрингу». О диалектике. *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Соч., т. 20, стр. 366.
9. *V. T. Weisscopf.* Quality and Quantity in Quantum Physics. «Quantity and Quatity». N. Y., 1961, p. 57.
10. Ibid., p. 56.
11. См. *В. И. Ленин.* Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 271, 272—273; 276—277; 328; 331—332.
12. См. *Р. Фейнман.* Характер физических законов. М., 1968, стр. 19.
13. См. там же, стр. 20.
14. *М. Планк.* Новые пути физического познания. «Единство физической картины мира». М., 1966, стр. 74—75.
15. См. *Дж. Кемени, Дж. Снелл, Дж. Томсон.* Введение в конечную математику. М., 1963.
16. *Ф. Шеллинг.* Введение в умозрительную физику. Одесса, 1833, стр. 15.
17. Там же, стр. 7.
18. Там же, стр. 9.
19. См. *Ю. Боргош.* Фома Аквинский (Приложение). М., 1966, стр. 166—204.
20. *Ф. Шеллинг.* Введение в умозрительную физику, стр. 10.
21. См. там же, стр. 8.
22. Там же, стр. 11—12.

1. *E. W. Beth.* The Relation Between Formelised Languages and Natural Language. Form and Strategy in Science. Dordrecht-Holland, 1964, p. 66—79.
2. *Р. Карнап.* Значение и необходимость. М., 1959, стр. 309.
3. Там же, стр. 310—311.
4. Там же, стр. 310.
5. См. там же.
6. *N. Hanson.* Patterns of Discovery. Cambridge University Press, 1958, p. 99—101.
7. *Р. Карнап.* Значение и необходимость, стр. 311.
8. См. *Дж. Вильсон.* Камера Вильсона. М., 1954.
9. См. *Э. Эттингер.* Вычислительные машины в научных исследованиях. «Информация». М., 1968, стр. 125.
10. *В. А. Фок.* Квантовая физика и строение материи. Изд. ЛГУ, 1965, стр. 6.
11. См. там же, стр. 12—14.
12. *Е. Б. Бабский.* Новое в способах получения и анализа информации о физиологических функциях целостного организма. «Биологические аспекты кибернетики». М., 1962, стр. 125.
13. *P. W. Bridgman.* How much Rigor is Possible in Physics? The Axiomatic Method. Amsterdam, 1959, p. 227.
14. См. *И. Г. Герасимов.* Математическая идеализация и математический аппарат количественных методов анализа. «Некоторые проблемы методологии научного исследования». М., 1965.
15. См. *М. Арбиб.* Мозг, машина и математика. М., 1968.
16. См. *Г. И. Рузавин.* Роль гипотетико-дедуктивного метода в построении физической теории. «Вопросы философии», 1968, № 7.
17. *N. Hanson.* Patterns of Discovery, p. 193.
18. *Н. Бурбаки.* Очерки по истории математики. М., 1963, стр. 245.
19. См. *И. Сигал.* Математические проблемы релятивистской физики. М., 1968.

20. См. *В. И. Ленин.* Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 326.
21. См. *К. Уоддингтон.* Основные биологические концепции. «На пути к теоретической биологии». М., 1970, стр. 33.
22. *С. А. Яновская.* Предисловие к русскому переводу кн.: *Д. Гильберт* и *В. Аккерман.* Основы теоретической логики. М., 1947, стр. 6.
23. См. *Д. П. Горский.* О видах определений и их значении в науке. «Проблемы логики научного познания». М., 1964.
24. См. *И. В. Давыдовский.* Общая патология человека. М., 1969, стр. 17.
25. См. *Н. В. Тимофеев-Ресовский, Н. Н. Воронцов, А. В. Яблоков.* Краткий очерк теории эволюции. М., 1969, стр. 176—179.
26. *P. W. Bridgman.* The Logic of Modern Physics. N. Y., 1961, p. 108—117.
27. См. *И. Д. Артамонов.* Иллюзии зрения. М., 1969.
28. *W. H. George.* The Scientist in Action. A. Scientific Study of his Methods, p. 78—79.
29. См. *К. Уоддингтон.* Основные биологические концепции. «На пути к теоретической биологии», стр. 33.
30. См. «Философские проблемы исторической науки». М., 1969.
31. См. «Измерение характеристик ядерных реакций и пучков частиц». М., 1965, стр. 22—31.
32. *М. Планк.* Новые пути физического познания. «Единство физической картины мира». М., 1966, стр. 25.
33. Там же.
34. Там же, стр. 24—25.
35. *Ф. Энгельс.* Анти-Дюринг. *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Соч., т. 20, стр. 89.
36. См. *П. В. Копнин.* Гипотеза и познание действительности. Киев, 1962; *Л. Б. Баженов.* Основные вопросы теории гипотезы. М., 1961; «Современная научная гипотеза». «Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968; *W. N. Stephens.* Hypotheses and Evidence. N. Y., Crowell, 1968.

37. *М. Планк.* Возникновение и постепенное развитие теории квант. «Единство физической картины мира», стр. 142—143.
38. Там же, стр. 145.
39. *М. Планк.* Отношение новейшей физики к механистическому мировоззрению. «Единство физической картины мира», стр. 58.
40. *W. H. George.* The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods, p. 236.
41. *Ф. Хойл.* Новая физика и астрономия. «Горизонты науки и техники». М., 1969, стр. 59.
42. См. *И. Т. Фролов.* Генетика и диалектика. М., 1968.
43. *В. И. Ленин.* Философские тетради. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 202.
44. Там же, стр. 317.
45. *В. И. Ленин.* Письмо И. Ф. Арманд, 30 ноября 1916 г. Полн. собр. соч., т. 49, стр. 329.
46. *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Немецкая идеология. Соч., т. 3, стр. 449.
47. См. *П. Л. Капица.* Будущее науки. «Наука сегодня». М., 1969, стр. 120—121.
48. *A. Addington.* The Phylosophy of Physical Science. Cambridge, 1960.
49. См. *В. И. Ленин.* Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 327.
50. См. там же, стр. 271.
51. См. там же, стр. 277.

К главе V

1. См. *М. Таубе.* Вычислительные машины и здравый смысл. М., 1964, стр. 30 и др.
2. *К. Маркс.* Письмо Людвигу Кугельману, 28 декабря 1862 г. *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Соч., т. 30, стр. 528.
3. См. *У. Рейтман.* Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов. М., 1968.
4. Там же, стр. 303.
5. См. там же, стр. 304.
6. Там же, стр. 316.
7. Там же.

8. См. «Научное творчество». М., 1969.
9. *А. В. Напалков.* Пути и задачи развития теории эвристического программирования. Вступительная статья к кн.: *У. Рейтман.* Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов, стр. 17.
10. См. *А. Ньюэлл* и *Т. Саймон.* GPS — программа, моделирующая процесс человеческого мышления. «Вычислительные машины и мышление». М., 1967, стр. 283—301.
11. См. *О. Хелмер.* Наука. «Горизонты науки и техники». М., 1969, стр. 22.
12. См. *А. В. Напалков.* Пути и задачи развития теории эвристического программирования. Вступительная статья к кн.: *У. Рейтман.* Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов, стр. 6.
13. См. «Вопросы биофизики. Материалы первого Международного биофизического конгресса». М., 1964.
14. Там же, стр. 87.
15. *М. Планк.* Возникновение и постепенное развитие теории квант. «Единство физической картины мира». М., 1966, стр. 150.
16. См. *А. А. Зиновьев.* Основы логической теории знаний. М., 1968; *П. В. Копнин.* Логические основы науки. Киев, 1968; «Логическая структура научного знания». М., 1965; «Проблемы логики научного познания». М., 1964; «Логика и методология науки». М., 1967; *А. И. Ракитов.* Курс лекций по логике науки. М., 1971.
17. *С. Пауэлл.* Надежды и проблемы современной науки. «Будущее науки». М., 1970, стр. 58—59.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава I.

НАУКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ 9

1. Несколько замечаний о характере и последствиях современной научно-технической революции . . . . . —
2. Темпы развития современной науки 19
3. Потенциал науки 23
4. Почему необходимо управлять развитием науки? 26

Глава II.

СТИХИЙНО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ И НАУЧНЫЙ ПРОЦЕССЫ ПОЗНАНИЯ 36

1. Различные подходы к проблеме . . . —
2. Процесс труда и познавательная деятельность людей 40
3. Стихийно-эмпирический процесс познания 43
4. Наука — особая форма процесса познания 50

Глава III.

ПОЗНАВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В НАУКЕ 59

1. Познавательная деятельность в науке как особый предмет исследования —

2. Познавательная деятельность в науке и в стихийно-эмпирическом процессе познания 65
3. Познавательные задачи в научном исследовании 83
4. Научное исследование и спекулятивное рассуждение 110

Глава IV.

ПОЗНАВАТЕЛЬНАЯ РОЛЬ МЕТОДОЛОГИИ И ЛОГИКИ В НАУЧНОМ ИССЛЕДОВАНИИ 127

1. Критические замечания к одной ошибочной концепции 128
2. Познавательные действия исследователя и средства познания 144
3. Чувственные данные и факты в научном исследовании 182
4. Факты и гипотезы 194
5. Материалистическая диалектика и проблемы методологии науки 211

Глава V.

РОЛЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ В НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЯХ 225

1. Может ли машина заменить исследователя? . . . . . —
2. Особенности познавательной деятельности в современной науке 240
3. Разделение труда в современной науке. Экспериментаторы и теоретики 246
4. Подготовка кадров в современной науке 253

ЛИТЕРАТУРА 271

Герасимов Иван Гаврилович

НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Редактор *Безчеревных Э. В.*

Младшие редакторы
Крючкова Ж. П., Молчанова Е. С.

Художественный редактор *Семиреченко Г. Ф.*

Технический редактор *Трояновская Н. Е.*

Сдано в набор 29 октября 1971 г. Подписано в печа
11 апреля 1972 г. Формат 70×90¹/₃₂. Бумага типографская №
Условн. печ. л. 10,24. Учетно-изд. л. 9,31. Тираж 41 тыс. э
А00072. Заказ № 9223. Цена 28 коп.

Политиздат, Москва, А-47, Миусская пл., 7.

Типография издательства «Звезда»
г. Пермь, ул. Дружбы, 34

28 коп.

Б1
9472