

# Александр Исаакович Китайгородский

## Физика – моя профессия



«Физика – моя профессия»: ВЛКСМ «Молодая гвардия»; М.; 1965

### Аннотация

*Александр Исаакович Китайгородский (1914–1985) – выдающийся физик-кристаллограф, известный популяризатор науки, доктор физико-математических наук (1946), профессор (1947). Сын известного инженера-химика, специалиста по силикатам и стеклу И. И. Китайгородского.*

## Александр Китайгородский

### Физика – моя профессия

### Предисловие

Имя профессора А. Китайгородского хорошо известно не только его коллегам по профессии, но и самому широкому кругу читателей в связи с неоднократными выступлениями в печати как популяризатора научных проблем.

В книге «Физика – моя профессия» автор попытался решить трудную, но благодарную задачу – ввести молодого читателя в мир науки, заставить его взглянуть на окружающее глазами физика. И это ему удалось. Влюбленный в свою профессию, ученый образно передает сложность проблем современной физики, всю напряженность научного поиска, романтику этого необычного труда.

Нередко, когда ученые рассказывают широкой аудитории о своей профессии, стремление изложить науку в доступной форме приводит к слишком общим, не всегда предельно четким формулировкам, которые выглядят даже спорными.

Не избежал этого и А. Китайгородский. Желание привлечь внимание молодого читателя к интересным, а иногда спорным и сложным вопросам и изложить это по возможности просто приводит его к расширительному толкованию достижений физических наук. Заслуги же физиков, как равно и успехи физических наук, не нуждаются в такого рода толкованиях в ущерб другим наукам или отраслям знания.

И все же оригинальность проблем, затронутых в этой книге, заслуживает того, чтобы довести их до читателя в том виде, как они поданы автором. Главное здесь – постановка и обсуждение различных научных вопросов и стремление автора глубоко заинтересовать ими молодежь.

### Глава 1

## Пути и цели

*...утверждает, что объяснить и подчинить человеку природу – в этом задача науки. Первую из них решает естествознание. О его путях и целях пойдет речь в этой главе.*

За миллионы лет эволюции природа воспитала в человеке стремление создавать самые разные вещи – строить дома, делать топоры и мотыги, прокладывать дороги. В ком силен этот инстинкт, унаследованный от далекого лохматого прапрародителя, насаживавшего камень с дыркой на подходящую палку и выдалбливавшего уютную пещеру из трех комнат со всеми удобствами в скале, расположенной в живописном районе на берегу, тот становится изобретателем, инженером, агрономом. Если же вдобавок у такого человека нет желания ограничиваться повторением дел своих предшественников, если он хочет строить дома нового типа, создавать такие орудия, каких еще ни у кого не было, и получать такие урожаи, которые еще никому не снились, то он вступает в передовой отряд строителей цивилизации.

Много качеств должен объединять в себе человек, играющий заметную роль в движении мира к духовно богатой и комфортабельной жизни. Нужно знать достигнутые на этом пути успехи и разочаровывающие тупики. Необходима превосходная память, способная вобрать все факты, имеющие прямое и косвенное отношение к делу. А упорство и настойчивость? Многие сотни материалов перепробовал Эдисон, пока нашел подходящую нить накала электрической лампочки.

Непременное и страстное желание увидеть плоды своей работы свойственно людям этого стиля. Нет им покоя до тех пор, пока миллионы и миллионы не ощутят пользу от их дел. При этом они должны уметь не только работать, но и доказывать свою правоту.

А доказать необходимость реорганизации промышленности, или замену материала, к которому все привыкли, или переход от устарелых путей сообщения к новым – это нелегкая задача.

Консерватизм и осторожность общества в таких вещах вполне естественны, а недоверие к новшествам – в крови у людей. Поэтому мало быть знающим и способным, надо стать и умелым пропагандистом своего дела и хитроумным дипломатом, чтобы обходить противников нового.

В конечном счете лучшее берет всегда (скажем для осторожности, почти всегда) верх. Таков закон жизни. Но сколько сил и нервов это стоит тем, у кого единственная цель – бескорыстно помочь людям жить легче и лучше! Бескорыстно? Да, конечно. Хотите убедиться в этом? Предложите деньги за то, чтобы человек отказался от доведения своего дела до конца. Ничего не выйдет – отступников не бывает. Я знал и знаю много таких людей. И всегда восхищаюсь их темпераментным служением своему делу. На пути к цели много разочарований, но зато сколько радости при успехе. Общественное признание – это щедрая расплата за все волнения и тревоги, за труд без счета часов и дней, за беззаветную преданность делу. Для очень многих слово «наука» связано только с подобной деятельностью.

Так долгое время думал и я. В доме моего отца, посвятившего свою жизнь созданию новых материалов, знания оценивались с позиции практической полезности. Надо учиться, надо быть образованным, чтобы делать новые машины, чтобы создавать самую прочную сталь, чтобы придумывать самые быстрые самолеты.

Мальчишек часто спрашивают, кем они хотят быть. Спрашивали и меня, и я всегда отвечал не задумываясь:

– Буду заниматься наукой.

– Какой же?

– Еще не знаю, но буду искать способы строить дома из стекла или займусь усовершенствованием электрических машин.

Лишь позднее я узнал, что в слово «наука» многие вкладывают совсем другой смысл.

Лет четырнадцати я начал регулярно ходить в Румянцевскую библиотеку (старое здание теперешней Ленинской), где проводил время за чтением. Сначала читал то, что связано со школой.

На уроке по географии учительница рассказывала про Индию. Хорошо. Значит, надо почитать что-нибудь про индусских факиров и про нравы раджей.

На уроке литературы шел разговор о декабристах. Тоже интересно: выпишем мемуары Якушкина.

Но скоро выбор книг стал диктоваться не школой, а курилкой библиотеки. Приходится признаться, что я уже покурировал в этом возрасте. Курилка была клубом библиотеки, откуда, я подозреваю, многие посетители и не выходили в читальный зал. Там было всегда шумно, мальчишки кричали и спорили. Спорили жарко, неистово, перепрыгивая с одной темы на другую. Спорили обо всем: о Дарвине и о религии, о гипнозе и самовнушении, об отношении Блока к Белинскому и театральным постановкам Мейерхольда.

Я не жалею теперь, что рано начал курить. Посещение курилки – одно из лучших моих воспоминаний, и если преувеличение сказать, что там я получил свое образование, то уж, во всяком случае, верно, что эти нескончаемые споры вели к чтению книг, которые иначе остались бы мне неизвестными.

Одним из постоянных посетителей курилки был молодой человек, которого, кажется, звали Валерий. Гладкие длинные волосы, истощенное лицо, глубоко запавшие темные глаза. Он курил самые дешевые папиросы и никогда не ходил в буфет. Денег у него, видимо, не было. За внешностью своей он следил внимательно, ботинки, хотя и в заплатках, были всегда ярко начищены, а свой старомодный пиджак он пытался осовременить, соединяя полы английской булавкой, – тогда были модными пиджаки, обтягивающие бедра. Запомнил я его не из-за колоритной внешности, а за горячие речи, в особенности на темы о призвании человека. Классификация человеческих стремлений по степени их важности казалась Валерию самоочевидной, и впервые от него я услышал понимание науки, совсем отличное от моих домашних представлений.

– Утилитаризм есть выдумка буржуазного общества, – говорил он, попыхивая папиросой. – Это Фрэнсис Бэкон изволил заявить, что стремление к познанию никому не нужно, если оно не связано с практической пользой. Я так и вижу, – продолжал он со злостью, дирижируя рукой с папироской, зажатой между большим и указательным пальцами, – пузатого лавочника, наставляющего своего сына: «Кому нужна поэзия, картины или пустые знания о числе звезд во вселенной? Только несколькими сотням чудаков таких, как ты. Зато все люди хотят есть, нуждаются в одежде и мечтают о теплом и уютном доме. Помогай им в этом, и ты добьешься уважения, почета и достатка...»

Валерий делал затяжку.

– Казалось бы, каждому интеллигентному человеку должна быть противна эта откровенная мещанская проповедь. А вот подите... Все боятся возразить, подводят эту, с позволения сказать, философию под все творения человеческого духа. Противно слушать Бэкона, что поэзия если и нужна, то лишь как отдых после трудов, а абстрактные знания полезны лишь потому, что их вскоре удастся превратить в дешевую колбасу. Как можно так говорить, как можно сводить все стремления человечества к желанию потуже набить брюхо? Только наука и искусство, лишенные практической направленности, обожествляют человека, возносят его над животными.

– Не говори глупостей! – кричали ему. – Голодному человеку не до чистого искусства, и размерами атома он не станет интересоваться. Сначала надо накормить людей, а потом уже думать об их душе.

Но в защиту Бэкона редко кто выступал. С Валерием соглашались... в принципе. Просто считали его заботы и волнения несвоевременными.

– Конечно, – говорили ему, – общество не мешает тебе заниматься искусством или чистой наукой. Но не жди за это горячей признательности от сегодняшнего мира, в котором для миллионов людей еще недостает хлеба и башмаков. Вот наступит золотой век...

Как-то, когда мы были с Валерием вдвоем, я робко спросил у него:

– Какие же тогда цели у науки, если это не создание полезных вещей?

– Цель науки – это открытие новых фактов и связей между явлениями, – последовал незамедлительно ответ. – Привести примеры?

Я кивнул головой.

– Хорошо. Вот тебе примеры из разных областей. Физик нашел, что электропроводность меди падает с увеличением температуры. Нашел впервые. Найден новый факт – наука стала богаче. Исследователь австралийской фауны нашел новый вид муравьев. Это другой пример бесспорного завоевания науки. Историк после просмотра большого числа оригинальных документов установил, что в кругах немецкого мещанства Великая французская революция была встречена неприязненно – вот тебе третий пример.

– И в этом цели науки? – удивился я.

– Нет. Установление новых, доселе неизвестных фактов – лишь фундамент науки. На долю же более способных, я бы сказал более зрячих, исследователей приходится работа по постройке верхних этажей здания науки. На основе фактов они ищут обобщения и устанавливают связи между явлениями, то есть открывают закономерности. Скажем, после накопления большого материала об электропроводности веществ исследователь подмечает, что их можно разбить на две группы: у одних электропроводность растет с температурой, а у других – падает. Дальше устанавливается, что вещества этих двух классов различаются характером электронного строения своих атомов. В свою очередь, и эти частные закономерности, постепенно накопившись, становятся основой более общих представлений о том, как связаны электрические свойства вещества с их структурой.

– Ну, а в биологии, в истории?

– Совершенно то же самое. Без кропотливого труда армии исследователей не найти общих законов эволюции животного мира, не открыть закономерностей развития человеческого общества.

– Я понимаю. Но скажите, Валерий, если человек ищет пути для улучшения качества стали, разве он не занимается наукой?

– Я бы для такой работы подыскал другое слово, – отвечал он в раздумье. – Конечно, и здесь зачастую открывается много нового и интересного, но оно не является самоцелью.

– Вы что же, к такой деятельности относитесь с меньшим уважением? – Все во мне протестовало, я становился на защиту своего отца. Но обороняться не пришлось.

– Да бог с тобой, – отвечал он спокойно. – Превосходная, благороднейшая деятельность. Но доказывать ее необходимость – это ломиться в открытую дверь. А вот то, что бескорыстное стремление к познанию заслуживает не меньшего уважения, – вот этого очень многие не понимают.

И уже тогда мне стало ясно, что в слово «наука» многие вкладывают совсем разное содержание.

Поэтому нам надо договориться, какое содержание мы будем вкладывать в это понятие.

Я внимательно просмотрел газеты и журналы, прислушался к радио, поинтересовался мнением на этот счет людей, не имеющих ничего общего с наукой в любом понимании слова. Мне кажется, что слово «наука» очень расширилось. Когда говорят, что этот человек ученый или этот человек занимается наукой, – имеют в виду лишь одно: он обладает определенными знаниями и использует их в работе. Лишь меньшинство придает этому слову более узкий смысл: заниматься наукой – значит искать новое, неизвестное. Но и такое определение излишне широко. Чтобы не было недоразумений, разделим научную деятельность людей на три области: прикладные науки, гуманитарные науки и естествознание.

Любое исследование в области прикладных наук направлено к практической цели. Создание новой технологии производства, усовершенствование существующей, создание новых материалов, введение в обиход более быстрых и более удобных путей сообщения, увеличение урожайности почвы, создание новых медикаментов – эти задачи повседневно решаются технической физикой, технической механикой, химической технологией, агрономией, медициной и т. д.

Направление развития прикладных наук довольно очевидно. Оно диктуется практическими нуждами человечества, нуждами страны. Не хватает запасов энергии – значит, надо искать новые источники энергии: создается атомная промышленность. Мало шерсти и она дорога – следовательно, нужна мобилизация ученых на поиски дешевых и эффективных заменителей: создается промышленность синтетического волокна.

И так всегда!

Мир вещей окружает человека. Как подчинить их себе и заставить работать наилучшим образом? На эти вопросы отвечают прикладные науки.

Почему же вещи ведут себя так, а не иначе? Как взаимосвязаны события в мире вещей? Как устроен окружающий нас мир? На эти вопросы отвечают естественные науки. Понимание природы является их конечной целью.

Деление на естественные и прикладные науки – это не деление по областям знания. Физики, занимающиеся изучением законов рассеяния элементарных частиц; химики, исследующие закономерности разрыва химических связей; биологи, рассматривающие в электронный микроскоп строение хвостика бактериофага, – всех этих деятелей мы зачисляем в один отряд. Физик, конструирующий ядерный реактор; химик, улучшающий свойства полиэтилена; биолог-селекционер, выводящий новую породу животных, попадают при нашем делении в другую армию.

Не искусственное ли это деление? Разве не проще считать всех физиков физиками, а всех химиков химиками? Нет, нет и нет! Не только не проще, но ведет к заблуждениям.

Деление по областям знания сохраняется в значительной мере среди исследователей, занимающихся прикладной наукой. Но наша тема – естествознание. И мы не разберемся в основных тенденциях его развития, если по старинке будем строить заборы, отделяющие физиков от химиков и биологов.

Характерная особенность последних десятилетий как раз и состоит в стирании границ между отдельными главами естествознания. Изучение химических реакций, биологических процессов и явлений неживого мира осуществляется одними методами и исходит из общих теоретических позиций.

Показать, что все естествоиспытатели собрались под одно знамя, – одна из задач этой книжки.

\* \* \*

Пояснив, что такое естествознание, попытаемся рассказать читателю о том, что собой представляет отдельное исследование в области естествознания.

Эти пояснения я собираюсь сделать на примере своей узкой профессии. А предварительно хотелось сказать несколько слов о том, как я ее выбрал.

Твердо я знал лишь одно: хочу заниматься наукой. Но какой?

Постепенно приходили негативные решения...

Пожалуй, первой была отброшена мысль заниматься техникой. Не потому, что мне казались ее задачи малопривлекательными. Совсем нет! А просто потому, что я почувствовал склонность к спокойному аналитическому размышлению. Логические скачки в исследованиях, неизбежные в прикладных науках с их лихорадочным стремлением к конечной цели, были мне не по вкусу. Не нашел я в себе и желания сразу видеть зримый результат своих трудов. Найденная новая идея казалась более ценной, чем построенный прибор.

Довольно быстро отказался я и от мысли посвятить себя гуманитарным наукам. Раздражала зыбкость и шаткость суждений, выносимых на основании мизерного числа фактов.

Биология дней моей юности представлялась беспорядочным скопищем фактов. Казалось, что нет здесь возможности для строгого анализа; безнадежны поиски общих законов, которым подчиняется жизнь живых существ. (Сейчас я жалею, что мне так казалось: на наших глазах биология превращается в точную науку.)

Чистая математика также не прельщала.

Схема действий, которая мне нравилась больше всего, – это анализ фактов, поиски общих закономерностей и проверка их на опыте. А все это могла дать только физика! Физика должна стать моей профессией!

Выбор характера деятельности, конечно, не был случайным, он отвечал моим склонностям. А вот выбор узкой профессии был делом случая. Вышло так, что еще за два года до окончания университета я начал работать в лаборатории. Занимался я в той области физики, которая называется «рентгеноструктурный анализ кристаллов».

Тогда научная работа была не в чести, да и зарплату научные работники получали много

меньшую, чем инженеры. Мои приятели, а среди них было больше всего посвятивших себя технике, смотрели на меня несколько свысока. Каждый из них мог отчетливо сформулировать цели своей работы. Один занимался усовершенствованием электровозов, другой работал над улучшением гирокомпасов, третий конструировал самолеты.

Они с увлечением рассказывали о своей работе, окружающие легко понимали их замыслы и охотно слушали. Разумеется, и мне хотелось поделиться своими успехами. Как-то в кругу друзей я сообщил о первом законченном мною экспериментальном исследовании.

– Понимаете, я нашел расстояние между атомами в молекуле аминокислотной кислоты.

– А зачем это нужно? – сразу же последовал вопрос.

– То есть как это зачем? Эти расстояния были до сих пор неизвестны.

– Ну и что же? Кому нужны такие данные?

Я не сумел тогда толком ответить. Приятели меня засмеяли, и я обиженно умолк.

Казалось бы, простой вопрос – зачем это нужно? – в отношении прикладных наук совсем не прост в отношении естествознания, и ответ на него требует некоторого разъяснения.

Определив расстояния между атомами в молекуле аминокислотной кислоты, я решил задачу своей узкой научной специальности. Как я уже говорил, она называется «рентгеноструктурный анализ кристаллов». Это совсем небольшой участок научного фронта. Тем не менее исследованием структуры кристаллов рентгеновыми лучами занимается во всем мире не один десяток тысяч исследователей. Их цель – усовершенствовать методы эксперимента и расчета, с тем чтобы такие исследования проводить наиболее точно и быстро, а также изучить структуру как можно большего числа веществ во всех тех случаях, когда заранее неясно, какова она. Решению этих задач подчинено развитие рентгеноструктурного анализа кристаллов. Так же точно и любая другая научная специальность является деятельностью, развивающейся согласно своим целям.

Никто из членов научного содружества физиков и химиков, изучающих структуру кристаллов, не сомневается в том, что нужно совершенствовать методы расчета и эксперимента в области рентгеноструктурного анализа, что нужно определять неизвестные структуры кристаллов. Не сомневаются в этом и исследователи, работающие в других областях науки.

Для чего же нужно это делать? Правильный ответ здесь только тот, который давал мой библиотечный собеседник, – это нужно делать для того, чтобы выяснить неизвестные науке факты. Почти во всех без исключения случаях вновь выясненные факты (как бы ничтожны они ни были), новые точки зрения (на сколь угодно скромные явления) не останутся под спудом. Через год или через десятилетия они понадобятся другому исследователю. Научная эстафета, переданная, может быть, через десятки научных работ разных авторов, доберется до цели, уже осязаемой каждым, и окажется составной частью крупного открытия или свершения.

Можно напомнить, что без знания структуры графита не удалось бы рассчитать атомный реактор. А не совершенствуя расчетных методов рентгено-структурного анализа, не удалось бы выяснить структуру гена, а значит, и подойти к уяснению природы наследственности.

Таким образом, деятельность отряда научных работников, занимающихся рентгеноструктурным анализом кристаллов, становится необходимым элементом существенных успехов всей науки.

Наш пример был совершенно произвольным. Можно было бы проследить такое же участие в больших достижениях науки и техники любых других разделов естествознания: инфракрасной спектроскопии или калориметрии; учения о люминесценции или об адсорбции; математической теории «Фурье-преобразований» или теории относительности. И эти разделы науки, как и вся наука в целом, решают свои собственные задачи. Однако каждое научное исследование, принесшее с собой что-то новое, пусть даже вначале незаметное, может быть, через множество посредников окажется включенным в большое и важное открытие.

Если вы возьмете наугад какую-нибудь научную статью, то в конце ее найдете список литературы. Автор ссылается на других ученых, в работах которых он заимствовал нужные ему мысли или впервые обнаруженные факты. Таких ссылок даже небольшая работа имеет в среднем около 20. Большей частью ни один из авторов этих 20 работ не мог догадаться, кому в дальнейшем понадобится его исследование. 20 работ – это те, на которые исследователь сослался. А сколько еще неупомянутых разрозненных мыслей и фактов, взятых из других

трудов, легло в основу его исследования.

Каждая хорошая научная работа (а хорошей является та, которая разрешила много неясного) растворяется в работах своих последователей. Элемент научной мысли одного автора содержится в сотнях и тысячах трудов исследователей, прочитавших его научную статью. Как из букв складываются слова, а из слов фразы, так из отдельных научных работ создается новая научная идея, падает или возникает новая научная гипотеза, готовится научное открытие.

Как непохожи в этом отношении произведения науки и искусства! Каждое художественное произведение завершено в самом себе, и оно может быть оценено всеми общими критериями, применимыми к искусству в целом. Если искусство грандиозное здание, то произведение художника тоже здание, лишь микроскопического размера – в нем должны быть те же окна, те же двери...

Ни одно научное исследование не завершено само в себе. Оно получает смысл лишь благодаря работе предшественников и последователей. Если наука грандиозное здание, то отдельное исследование – это кирпич в его стене.

Проходят века – искусство накапливает ценности, отсеивает слабое, но хранит великое. Не как музейную ценность. Многие сотни и тысячи лет волнует слушателей и зрителей произведение великого художника.

Путь науки прямой. Мысли каждого исследователя, добытые им факты – это кусочек пройденного пути. Нет дороги без этого метра асфальта, но он пройден, дорога идет дальше. Посмотрите назад – все незаметнее становится отмеченный участок, а в глубине лет он совсем теряется из виду.

До обидного мало времени живет «произведение автора-ученого». Вероятно, что-нибудь около 30–50 лет. За эти годы оно исчерпывающим образом растворяется в работах последователей; лучшее, что в нем есть, усваивается, ненужное отсеивается, и само произведение становится выжатым лимоном.

Это ожидает не только рядовых исследователей. Такова же судьба книг и работ гениальных физиков Ньютона, Максвелла и даже совсем близкого к нам Эйнштейна. Их трудами интересуются только историки науки. Знакомиться же с работами гениев надо по изложениям наших современников. Ведь время обтесывает гениальное открытие, придает ему новую форму, даже меняет черты. Сегодняшняя механика – творение Ньютона – по форме уже слабо напоминает механику, написанную Ньютоном.

Может быть, это отступление поможет вам понять, почему так трудно оценить значимость отдельного научного исследования.

Надо признаться, когда исследователь в области естествознания рассказывает широкой публике о своих достижениях, то он вынужден... мне не хочется говорить – привирать, а скажем лучше – обобщать и описывать, собственно говоря, не значимость своего вклада в науку, что на общедоступном языке сделать практически невозможно, а значимость всей области, в которой он трудится.

Конечно, бывают исключения, когда на фоне будней кропотливой научно-исследовательской работы мы достаточно отчетливо видим рождение новой идеи, открытие новых явлений, создание нового метода исследования.

Иногда значение этого нового сразу же очевидно.

Так было, например, с работой американских ученых Ли и Янга, открывших новое свойство элементарных частиц, или с работой немецкого физика Мессбауэра, обнаружившего новый эффект во взаимодействии гамма-лучей с веществом. Эти ученые почти немедленно были удостоены высшей награды за научные исследования – Нобелевской премии. Но это скорее исключения. Примеры позднего признания ценности открытия можно найти в большем числе.

В 1934 году аспирант Черенков обнаружил новое явление в рассеянии электронов жидкими и твердыми телами. Никто не мог предвидеть в то время, что это приведет через десятилетия к созданию замечательных счетчиков ядерного излучения. Работы были оценены Нобелевской премией четверть века спустя.

Наш выдающийся физик-теоретик Ландау совсем недавно был удостоен Нобелевской премии за работы, сделанные еще до войны.

В 1945 году Завойский в Казани обнаружил резонансное поглощение радиоволн электронами. Нельзя было предвидеть в то время широкого развития этих работ и возникновения новой области физики – исследования структуры вещества методами магнитного резонанса. И эта работа получила признание лишь много позже ее свершения.

Поэтому не так легко оценить работу исследователей, действующих на поприще естествознания.

Значительно проще обстоит дело с оценкой деятельности инженера – начальника цеха. Количество и качество выпускаемой продукции измеряется объективными цифрами, и какой цех хорошо работает – может решить девушка из ОТК.

Отчетливо выясняется ценность научного работника в области прикладных наук. Найден новый материал – можно оценить его преимущество перед существующими. Разработана новая технология производства – цифры скажут, насколько она выгоднее старой. Во всех этих случаях работе может быть дана бухгалтерская оценка.

А в области естествознания?

Мне часто присылают на отзыв научные статьи, диссертации, отчеты по научным работам. Как же я составляю свое мнение?

Главное – это оценка степени новизны. Если ее нет, то нет работы. Новизна может быть достаточно скромная. Скажем, исследователь работал на стандартной аппаратуре и давно известными методами, но применил их к новым объектам, которые до него не изучались. Надо было проделать эту работу? Несомненно. Но особо горячих похвал она не заслуживает, даже если для получения этих результатов автору пришлось немало потрудиться.

Более высокой степени похвалы заслужит та работа, в которой автор придумал новый способ измерения или новый способ расчета (разумеется, если эти новые способы быстрее или точнее известных ранее). В конце отзыва о такой работе уже можно написать несколько лестных фраз в адрес автора, похвалить его за остроумие и изобретательность.

Комплименты достигают превосходной степени, если открыто новое явление или теоретически найдено новое соотношение, новое правило, позволяющее с успехом предсказывать результаты эксперимента.

До сих пор речь шла о достаточно объективных критериях. Что же касается оценки значимости исследования, то здесь большей частью надо полагаться на свою интуицию: насколько важными окажутся найденные факты и закономерности, как они повлияют на развитие всей науки – это, как правило, выясняется через несколько лет, а то и десятилетия.

Итог, к которому я хотел подвести читателя, несложен: фронт естественных наук непрерывен и широк, в движении его участвуют тысячи исследователей. Каждый из них способствует этому продвижению, устанавливая в своей работе новые факты.

Хорошо. Но какова цель всего естествознания? Познавать мир, находить новое. А зачем?

Фритьоф Нансен на такой вопрос ответил следующим образом:

«История человечества – это непрерывное стремление от темноты к ясности.

Поэтому не имеет смысла обсуждать цели познания – человек желает знать и когда у него прекратится это желание, он перестанет быть человеком».

Стремление человека к познанию не нуждается в объяснении, это стремление к радостям жизни.

Научное творчество, одно из наиболее бескорыстных людских деяний, принадлежит к числу самых великолепных человеческих переживаний. Это знают все лица, близкие к науке, к ее успехам – большим и малым. Можно найти много красочных признаний этих радостей. Вот, например, часто приводимая цитата из сочинений Птолемея.

«Я знаю, что я смертен и создан ненадолго. Но когда я исследую звездные множества, мои ноги уже не покоятся на Земле, я стою рядом с Зевсом, вкушаю пищу богов и ощущаю себя богом».

И действительно, понимание природы, овладение ее тайнами, умение предсказать явление

во всех деталях наполняет человека чувством огромной гордости, большим счастьем, способствует самоутверждению. Ничто более, чем научное познание, не способствует низвержению бога. Человек, знающий природу, сам чувствует себя ее творцом, ощущает себя всесильным и не нуждается в духовной опоре.

Итак, не приходится объяснять, зачем человек познает природу. Но остается ответить на другой важный вопрос. Имеет ли советский естествоиспытатель моральное право заниматься своей наукой в современном мире, пока еще разделенном на два лагеря, мире, в котором еще столько миллионов голодных и несчастных людей.

Не обязан ли он отложить свои занятия до эпохи коммунизма, а знания и способности обратить на служение практике сегодняшнего дня?

Нет, работник «чистой» науки может не мучиться угрызениями совести. Развитие фронта естествознания в огромной степени ускоряет приближение человечества к полному достатку, так как неминуемо приводит к техническим революциям. Поэтому в широкой деятельности исследователей заинтересованы не только они сами, но и советское общество.

Рассмотрим эту пользу естествознания.

## Глава 2 Слово о пользе науки

*...в которой автор, подкрепляя доводы фактами из своей биографии, убеждает читателя, что естественные науки, цель которых познание мира, очень полезны.*

В 1936–1938 годах, когда автор начинал свою научную деятельность, одним из ведущих институтов физики был Ленинградский физико-технический институт. Возглавлялся он Абрамом Федоровичем Иоффе, замечательным ученым и организатором, человеком, роль которого в создании советской физики трудно переоценить. Вероятно, около половины ныне здравствующих ведущих физиков страны в той или иной степени являются учениками Иоффе или выходцами из его института. В то время институт, о котором идет речь, подчинялся не Академии наук, а народному комиссариату машиностроения. Наркомат помещался в Москву, и согласование планов, получение средств и штатов, решение всяких административных вопросов должно было происходить в Москве. Контакты с наркоматом нужно было поддерживать непрерывно, и Иоффе почувствовал необходимость иметь кого-либо, кто мог бы защищать интересы его института, кто являлся бы, так сказать, полпредом Иоффе в Москве.

Приятная для меня случайность привела к тому, что выбор пал на меня. Таким образом, я оказался свидетелем развития исследований в Ленинградском физико-техническом институте. Мое полпредство продолжалось недолго. Я уже забыл, что произошло дальше, кажется, институт переменил свою ведомственную подчиненность и нужда в моих услугах отпала. Однако и этого короткого срока было достаточно, чтобы я мог увидеть прозорливость Иоффе, решительно развивавшего направления исследований, перспективность которых была тогда совершенно неочевидной.

Я превосходно помню свои визиты к заместителю наркома или начальнику главка с планами ленинградского института. Получив объяснения Иоффе (несколько раз я ездил в Ленинград и знакомился на месте с работами института), я без труда доказывал своему практически мыслящему начальству необходимость развития физики полупроводников. Хотя в то время этот раздел физики находился в зачаточном состоянии, его перспективность можно было наглядно демонстрировать первыми полупроводниковыми фотоэлементами. Я приносил маленькие, как медальки, приборчики в кабинет замнаркома, присоединял проводами к измерительному прибору. Фотоэлемент подносился к электрической лампе, стрелка прибора резко отклонялась; затем лампа загоралась от фотоэлемента куском эбонита – ток падал лишь незначительно.

– Видите, – резюмировал я опыт, который показывается сейчас в школе, – фотоэлемент реагирует на инфракрасные лучи.

Это было настолько убедительно, что средства на развитие работ лабораторий,

причастных к чудо-фотоэлементу, отпускались без звука.

Гораздо труднее приходилось, когда карандаш начальства добирался до лабораторий ядерной физики. А тут еще Иоффе стал настойчиво требовать средств на циклотрон.

– Для чего все это?

– Работы по расщеплению атомного ядра – одна из увлекательнейших страниц современной физики.

– Уж слишком много денег требуется на заполнение этих увлекательных страниц, – продолжало сомневаться начальство. – А ведь видно, что практических результатов от этих лабораторий ждать не приходится, оперируют они какими-то миллиардными долями граммов вещества. На этом техники не построишь.

Возразить было нечего. Ни малейшего представления о пути обращения в практику работ в области ядерной физики не было ни у кого. Трезвому предубеждению можно было противопоставить только веру в мощь науки. Доводы за необходимость развития ядерной физики складывались примерно так, как сказал в то время наш выдающийся механик и кораблестроитель Крылов:

«Доменная печь доставляет в год около 500 000 тонн чугуна, примерно таких же размеров и стоимости циклотрон доставляет около 100 000-й доли миллиграмма разбитых атомов, но на моей памяти практическими приложениями электричества были только электрический телеграф, электрический звонок и гальванопластика. А теперь! Силы и мощь науки беспредельны, так же беспредельны и практические ее приложения на благо человечества».

Замечательные и вещие слова омрачаются лишь в одном – работы в области ядерной физики привели не только к атомным электростанциям, но и к атомной бомбе...

Примерами научных открытий, оказавших революционное влияние на развитие цивилизации, пестрит история естествознания. Достаточно вспомнить открытие Фарадеем закона электромагнитной индукции, который лег в основу всей электротехники, а значит, всей современной цивилизации. И здесь значимость открытия была совершенно неочевидной при его рождении. Я где-то вычитал анекдот, в котором рассказывалось, что Фарадей на вопрос о применении его закона отвечал: «Можно сделать занятные детские игрушки».

Нет числа примерам, так сказать, несколько более низшего ранга – открытие Рентгеном проникающих лучей, открытие фотоэлектрического эффекта, открытие пути синтеза каучука...

Важно ясно представить себе, что все эти и другие научные открытия не являлись случайными откровениями, а были результатом логического и закономерного развития науки.

Совершенно по-детски мыслит тот, кто думает, что Рентген «искал» невидимые лучи, Фарадей – законы природы, которые можно было использовать для постройки электрических генераторов, а Ган и Штрассман – атомную энергию. Однако не правы и те, кто думает, что Рентгену «повезло»: около газоразрядной трубки, закрытой черной бумагой, лежал минерал, способный светиться под действием тех лучей, которые позднее получили название рентгеновых. Может показаться, что повезло Фарадею, который «догадался» в нужный момент посмотреть на стрелку гальванометра, подключенного к проволочной катушке как раз в тот момент, когда в катушку вставлялся стержневой магнит. Можно подумать, что повезло Гану и Штрассману, которые обнаружили в 1939 году, что ядра урана делятся медленными нейтронами; через несколько месяцев грандиозность этого открытия – возможность атомного взрыва – стала очевидной.

На самом же деле – история науки сможет всегда это доказать с полной убедительностью – эти открытия были подготовлены трудом многих тысяч исследователей. Открытия становились возможными потому, что они назревали, они были неизбежны, они витали в воздухе. Острый взор наиболее талантливого ученого обнаруживал их раньше других.

На этом можно было бы закончить слово о пользе науки. Необходимость развития научного фронта, движимого вперед человеческой любознательностью, желанием познать природу, устранить из мира неясное, непонятное, сделать все грядущие события предсказуемыми, даже для самого заядлого утилитариста полностью оправдана счастливой

неизбежностью возникновения крупных научных открытий. Без движения всего фронта науки, без труда всей армии незаметных тружеников науки такие открытия оказались бы невозможными.

Уже этого вполне достаточно, чтобы понять, почему развитие теоретических работ в области физики, математики, химии и биологии считается сейчас у нас государственной задачей и почему деньги на развитие естествознания отпускаются соразмерно с другими государственными затратами.

Конечно, я ясно представляю себе, что подавляющее большинство читателей будет удовлетворено приведенными аргументами. Тем не менее хочу продолжить тему, имея в виду и меньшинство, среди которых могут встретиться более или менее образованные, практически мыслящие скептики.

*– Вы утверждаете, – скажет такой скептик, – что революции в технике связаны с научными открытиями. Совершенно верно. Несколько примеров, которые вас устраивают, вы нам привели. Но разрешите напомнить и обратные примеры. Ряд отраслей техники достиг высокого совершенства к тому времени, когда естествознание еще не родилось. Наши далекие предки, не имевшие ни малейшего представления о законах физики и химии, умели строить величественные дворцы, варили безупречный звонкий хрусталь, плавил руду. Век паровых машин начался без участия науки. Уатт и Ползунов не знали правил термодинамики – учения о превращении тепла в работу. А производство стали или стекла? Какая бездна практически интересных материалов создана путем опытного поиска, а вовсе не в результате научного анализа и изучения законов природы! Итак, – заключит скептик, – практики превосходно справляются со своими делами и без теоретической науки.*

Действительно, верно, что многие области техники родились и совершенствовались без вмешательства науки. Но как ускорило развитие старой традиционной техники, из которой, казалось, уже выжато все возможное, когда естествознание достигло существенных успехов и стало оплодотворять своими идеями почти все без исключения прикладные науки! Хотя история производства стали насчитывает многие столетия, только в конце пятидесятых годов нашего века был предложен новый процесс, позволяющий производить сталь в три-четыре раза прочнее прежней. Не приходится доказывать выдающееся значение такого усовершенствования производства. Техника борется за уменьшение веса конструкций на несколько процентов, а из новой стали можно будет готовить детали машин, легче на десятки процентов.

Тридцать лет назад в теоретических работах были высказаны идеи о причинах недостаточной твердости металлов. Дело заключалось в том, что в каждом кристаллике металла имеется множество специфических, но явных дефектов (они получили название дислокаций), обладающих способностью перемещаться по кристаллику при приложении самой небольшой силы. Так как дислокаций много, то кристаллик легко деформируется под действием малых сил.

После войны были разработаны детальные схемы движения дислокаций, предложены способы регистрации и наблюдения движения дислокаций на отдельных кристалликах.

Исследователи-металловеды внимательно следили за этими работами. Они пытались найти в них ответ на вопрос, как упрочить сталь. Теория дислокаций отвечала на это однозначно – надо затруднить движение дислокаций.

Металловеды и металлофизики начали думать о том, как это осуществить. Вот только один из немногих примеров их рассуждений, возникших из дислокационных представлений. Известно, что малые доли углерода превращают мягкое железо в твердую сталь. Теперь стала ясной роль углерода – маленькие его атомы мешают двигаться дислокациям. Значит, дело не в химической природе добавки и углерод с успехом можно заменить другими элементами.

Так идея и эксперимент перекочевали из физических лабораторий в институты металловедения. А затем вышли из стен этих институтов на заводы. Весь этот ход событий занял что-то около десятилетия.

Можно было бы привести еще большее число примеров такого рода со сроками «внедрения» научных идей от года до десятилетий. Но не эта цель стоит перед нами. Важнее всего показать, что в стране с высоким уровнем развития естествознания и прикладные науки – такие, как техника, медицина, агрономия и другие, – находятся в наиболее выгодных условиях.

В такой стране быстрее будет обнаружена возможность практического использования научного открытия. Кроме того, и общая культура научного мышления неизбежно сказывается на всех практических делах.

Итог этой главы таков: хотя естественные науки движутся по своим собственным путям и не решают практических задач, их влияние на прикладные науки трудно переоценить.

### Глава 3

## Мы не на необитаемом острове

*...где рассказывается о том, как диалектическое единство свободы и необходимости предопределяет направление исследований в области естествознания.*

Почти еженедельно человеку, работающему в науке, приходится задумываться над одним постоянно возникающим вопросом: а что делать дальше?

Лаборант озабочен – не взять ли фотопленку с повышенной чувствительностью? Научный сотрудник решает отложить дальнейший эксперимент и сверить свои цифры с теоретическими данными. Руководитель группы сотрудников, занятых тождественными исследованиями, полагает, что пришла пора перейти на новую методику наблюдения, разрабатывает новые схемы измерения и сдает чертежи в мастерскую. Заведующий лабораторией, оценив результаты исследований последних месяцев, считает, что центр тяжести исследований надо переносить с оптических методов на радиоспектроскопические, что новые экспериментальные кривые толкают к пересмотру старой теории, что к изучаемым веществам надо добавить новую группу объектов. Что же касается директора института, то его мысли (когда он сидит в директорском кресле) заняты распределением средств и правительственных заданий между лабораториями.

Из схемы, которую мы набросали, следует, что согласованно действующей группой научных работников является лаборатория. Более крупное объединение носит административный характер, а более мелкие отряды не самостоятельны.

Конечно, дело не в названии, и нередко случаи, когда роль лабораторий выполняют небольшие группы исследователей, а то и одиночки.

В хорошей лаборатории (для определенности будем говорить о лаборатории, но иметь в виду любой самостоятельный научный отряд) есть свое направление работы, свой круг интересов и свой стиль исследования. Можно не называть фамилии авторов научной статьи, вышедшей из хорошей лаборатории, так как специалист всегда догадается, где было проделано исследование.

Научный отряд может находиться в периоде становления. Про такую лабораторию говорят, что она не нашла еще своего лица.

Подобное мнение законно в течение 5–7 лет. Но если «отсутствие лица» наблюдается и через десяток лет после организации лаборатории, то, значит, это серенькая лаборатория, не заслуживающая именованья отряда научного фронта. Такая лаборатория может быть полезной лишь на вспомогательных ролях, если только кто-нибудь возьмет ее под крыло, включив ее труд в свои научные исследования.

И направление и стиль работы научного коллектива определяются его руководителем или небольшой группой старших сотрудников. Название лаборатории говорит очень мало; оно определяет лишь область приложения сил. По направлению и стилю работы лаборатории одного названия могут и должны отличаться столь же существенно, как театры Акимова и Охлопкова.

В чем состоят различия стиля? Прежде всего в отношении к лабораторному эксперименту. В одних лабораториях основная масса труда затрачивается на создание совершенной аппаратуры, на разработку предельно точных методов измерения. В других – исследователи предпочитают приобретать готовую аппаратуру, с тем чтобы основные свои усилия затрачивать на обработку и осмысливание результатов измерения. Для одних лабораторий характерна широта охвата; в иных – глубокая разработка узкой темы находится в центре внимания.

Стиль и направление работы складываются постепенно, как равнодействующая многих

факторов – особенности темперамента и интеллекта руководителя, влияния развития всей науки и сопредельных областей, влияния промышленности и государственных интересов.

Решающей является роль научного руководителя в составлении планов исследования. Планы работ в области естествознания сверху не спускаются. Государственное регулирование относится лишь к распределению средств между разными областями науки в соответствии с сегодняшними представлениями об их относительной значимости.

Но и руководитель лаборатории планирует не так, как это можно сделать на заводе и фабрике. Дело в том, что далеко не всегда можно запланировать результаты исследования.

Лаборатория академического института, например, ежегодно представляет в дирекцию план работы лаборатории на следующий год. И каждый раз сотрудники испытывают чувство некоторого замешательства при заполнении стандартных бланков плана. Ведь в нем такие графы, как название темы, затем – содержание работы по этапам и, наконец, третья – ожидаемые результаты.

Нетрудно написать лишь одно – что мы собираемся делать, какие измерения собираемся произвести, какую аппаратуру желаем установить, какие опыты будут поставлены. А вот будет ли это все сделано?

Разумеется, и в научной работе имеется бездна рутинных операций. Не представляет труда прикинуть, сколько времени займет съемка рентгенограммы или получение спектра, можно оценить объем того или иного расчета. Уже труднее, но все-таки возможно указать число недель, которые пойдут на создание аппарата, собираемого по известным схемам. Но если научная работа состоит только из таких операций, то это плохая работа, это не научная работа.

И правда, ведь научное исследование имеет смысл, если оно предпринимается для выяснения неизвестных или туманных обстоятельств. Экспериментальная научная работа тем лучше, чем менее очевиден ее результат. То, что кажется простым и легким, может оказаться в процессе исследования потрясающе сложным, и наоборот: запутанная проблема может получить решение простое, как колумбово яйцо.

Неожиданности? Да! Но ведь это, собственно говоря, самое важное, что есть в научно-исследовательской работе. О неожиданностях, если хотите, мечтает каждый научный работник. Неожиданное – это что-то новое, что-то такое, с чем еще никто не сталкивался. Неожиданное, интересное, важное – это в науке синонимы.

Прошлой осенью перед отъездом в отпуск я давал последние инструкции своему аспиранту Юсифу:

– Работа ваша, Юсиф, приходит к концу, остается только показать, что скорость молекулярных процессов в твердом теле замедляется при повторных экспериментах. (Мне казалось совершенно очевидным, что кристаллы, с которыми работал Юсиф, должны постепенно портиться.) Измерьте, как быстро падает скорость процесса, и на этом будем считать работу конченной.

С этим я и уехал. Вернувшись через месяц, тут же пошел к Юсифу.

– Показывайте свои кривые.

– Вот они.

– Да нет, это не то, вы спутали.

– Не спутал.

– Да где же кривые спада скорости? Я вижу колоколообразные кривые.

– Это они и есть.

Вот это да! Скорость, оказывается, сначала возрастает и лишь потом падает. Это был неожиданный результат. Выходит, что кристалл сначала «привыкает» к молекулярным процессам, а лишь потом начинает «портиться». Юсиф открыл новое явление, и ценность его работы неизмеримо возросла. Разумеется, план исследований потерпел существенные изменения.

Это один из примеров, который показывает, как трудно планировать исследование в области естествознания. Я бы сказал даже так: чем больше приходится отклоняться от намеченных планов, тем интереснее идет работа.

Не могу удержаться от улыбки каждый раз, беря в руки плановые ведомости научной

работы, которые должны заполнять преподаватели вузов. За графой «название темы» следует графа «количество печатных страниц». Психология составляющего эти листки мне вполне понятна. Преподавателю запланировано определенное число часов лекций, семинарских занятий, экзаменов и консультаций. Проверить исполнение этого плана можно без труда, по курсовым и классным журналам. А как быть с научной работой? Запланировать число часов? А как проверить?

В особенности тяжело с теоретиком. «Я, – говорит, – дома работаю». Что же ему планировать? Может, число страниц научного текста? Их ведь всегда можно пересчитать.

Но доказывать смехотворность такого подхода просто нет надобности. Изложение великолепных научных работ можно встретить иногда в статьях, которые публикуются в «Докладах Академии наук». Доклады не принимают статей, объем которых превосходит шесть страниц на машинке. В эти шесть страниц зачастую вкладывается многолетний труд и не оценимая никакими единицами измерения напряженная мысль исследователя. С другой стороны, сколько приходилось перелистывать (читать их не к чему) бездарных пухлых четырехсотстраничных диссертаций.

В кругах специалистов невозможность планирования результатов научной работы хорошо известна. Поэтому все уже привыкли, что графа «ожидаемые результаты», по сути дела, повторяет графу «содержание работы». Но чем собирается лаборатория заниматься в этом году, что она предполагает сделать – это начальство, совершенно справедливо, желает знать.

Как уже говорилось выше, в основном выбор тем на следующий год лежит на руководителе, и решающим критерием ценности этих тем является его понимание самого важного и интересного в той научной области, которой он посвятил свою жизнь. Но об общем направлении работ института, куда входит лаборатория, заведующий также должен задумываться. Иначе вежливые, но настойчивые укоры, которые придется выслушивать на ежегодных отчетах, материальное давление, которое будет оказано дирекцией института, все равно заставят его считаться с общими интересами организации, куда входит лаборатория. Если понимание лабораторией степени важности тех или иных тем покажется ученому совету ошибочным, ее покритикуют, что, вообще говоря, бесполезно. И все же это лишь уточнения. Правильный же курс лаборатории зависит прежде всего от ума, таланта и интуиции научного руководителя.

Научно-исследовательская работа ведется и при вузовских кафедрах. Здесь выбор тем исследований, которые ведут сотрудники, еще более свободен.

Причина простая: основная задача вуза – готовить хороших специалистов, и педагогическая работа находится под строгим контролем. А научная? Хорошо, если она ведется, а если нет, то заведующему кафедрой остается лишь научиться составлять хорошие ответы на вопросы о числе страниц текста, которые были написаны его сотрудниками. К сожалению, больше от него ничего не требуется.

Работы в области естествознания проводятся в основном так называемыми общими кафедрами – физики, химии, биологии. Заведующий такой кафедрой может поставить исследование любого направления – у него беспредельная широта выбора тем.

Но мы живем не на необитаемом острове, и требования жизни неминуемо скажутся на выборе области научной деятельности начинающих работников, а для сложившихся ученых – на выборе направления работы.

Проблема свободы и необходимости решается здесь, как и всюду, в своем диалектическом единстве. Психологический и материальный факторы приводят к тому, что на перекрестке научных дорог исследователь направляется в сторону решения тех задач, которые так или иначе связаны с проблемами, стоящими перед прикладной наукой.

За примерами недалеко ходить. Всем известно грандиозное практическое значение полупроводников. Именно поэтому бурно развиваются соответствующие главы физики твердого тела.

Физика элементарных частиц получила большой размах, поскольку на пути исследований в этой области была открыта атомная энергия.

Исследование структуры высокополимерных веществ никогда не развивалось бы таким темпом, если бы не интерес промышленности к синтетическим материалам.

А вот пример из нашей практики. Хотя наша лаборатория специализируется в области структуры органических веществ, высокомолекулярные органические вещества всегда оставляли нас прохладными – их сложно получить в состоянии высокой упорядоченности, а потому гораздо труднее изучить их структурные характеристики.

Однако в сороковых годах слово «высокополимеры» начинает звучать все чаще и чаще. В гости приходят химики, желающие получить сведения о структуре высокополимерных веществ. На ряд их вопросов удается ответить, некоторые же проблемы ставят нас в тупик и заставляют задуматься о специфике структуры этих веществ.

Постепенно естественный ход событий втягивает нас в круг новых вопросов, продиктованных практикой. Хочется быть полезным большому кругу людей, приятно почувствовать себя в центре событий, сознавать, что ты непосредственно участвуешь в выполнении сегодняшних государственных задач. Но наряду с подобным психологическим давлением появляется и вполне материальная заинтересованность – возможность получить «под исследование полимеров» дорогостоящую аппаратуру и дополнительные площади, а значит, увеличить размах своей работы.

Примеры форсирующего влияния практики на исследования в области естествознания чрезвычайно многочисленны.

Однако в ряде случаев исследователь не поддается этому давлению. В каких же? Тогда, когда перемена направления работы связана с потерей капитала, затраченного на приобретение научной квалификации.

Считается само собой разумеющимся, что область науки исследователь выбирает один раз. Я разрешу себе небольшое отступление, иллюстрирующее эту мысль. Дело было так. Война прервала мои занятия наукой. Институт, где я работал до войны, распался; когда наступило время возвратиться к своей профессии, нужно было искать новое место работы.

Я непоседлив по характеру, и меня всегда огорчала привязанность к одному месту: участие в экспедициях или инспекция рудников не входят в круг обязанностей физика, занимающегося строением вещества. И я решил – раз надо начинать сначала – заняться физикой моря. Исследование морских течений, закономерностей прибоев – вот замечательное занятие, где одновременно будет утолена жажда к научному творчеству и к перемене мест. С этим я и направился в лабораторию физики моря. От меня взяли документы и попросили прийти на свидание к Шулейкину – заведующему лабораторией – на следующий день.

Я был встречен очень любезно.

– Дорогой мой, это же превосходно, вы такой опытный структурщик (есть такое жаргонное слово), кандидат наук. Конечно, я рад вас взять. Вы будете у меня заниматься... изучением структуры льда.

Это было до того неожиданно, что я даже не стал объяснять Шулейкину мотивы своего прихода. Как-то сразу я понял – никому и не приходит в голову, что я могу выбросить, как балласт, свой десятилетний опыт и знания. Придется примириться со специальностью, не связанной с путешествиями.

Как правило, научному работнику не приходит мысль, что надо изменить своей профессии. И здесь не только соображения практического порядка – жалко научный багаж. Выбранная тобой область науки, научное направление очень быстро становятся делом жизни, и отказ от него сопряжен с тяжелой ломкой.

Не всегда верность своей специальности вознаграждается. Профессия одних оказывается поднятой на гребень волны, другие работают, не вызывая своей деятельностью особого общественного интереса, не получают возможности расширить свою работу.

Конечно, бывает и так, что рельсы ведут в тупик. Это грустно. Однако большей частью и скромная научная деятельность вносит свой необходимый импульс в движение научного фронта. А иногда развитие событий приводит к переоценке ценностей и незаметные вдруг оказываются в первых рядах. Так было, например, с физиками-ядерщиками, о чем всем известно. Так происходит сейчас на наших глазах с исследователями, которые работают в области молекулярной биологии.

Поэтому закономерным является решающее влияние практики на тех деятелей науки, которые стоят на перекрестке научных дорог (я повторяюсь, но истина выигрывает от

повторения), и также закономерным является упорное следование по своему пути тех исследователей, которые не видят возможности отклониться от своей дороги, не предав этим дела, которому они посвятили свою жизнь.

Я говорил о невозможности для исследователя изменить своему пути в пределах естествознания. Так же точно редки случаи, когда естествоиспытатель целиком переходит в стан прикладников.

Призвание быть художником, быть поэтом – это звучит знакомо и понятно. Но призвание естествоиспытателя не менее сильно, и оно также заложено в крови.

Существует вот такая категория людей, одержимых желанием атаковать непонятное и получающих огромное удовлетворение от возможности предвидения будущих событий.

Мне хочется, очень хочется заставить читателя почувствовать, до чего это увлекательно и интересно. Вы придумали теорию, на основании теории вы рассчитали, скажем, как теплоемкость кристалла кальцита зависит от температуры. Вы много работали и, наконец, построили теоретическую кривую – такая красивая плавная линия, идущая вверх от низких температур сначала медленно, потом быстро, потом замедляющая свой ход и приближающаяся к пределу. Теперь надо выяснить, правильна ли теория. Не так-то легко построить нужную аппаратуру. Проходят многие недели, и нетерпение возрастает. Верна теория или нет? Научились ли вы предвидеть явление? Наконец аппаратура готова; начинаются измерения. Первая точка, вторая, третья... Они превосходно ложатся на кривую. Какое счастье, какое торжество! Выходя поздно вечером из лаборатории, с трудом сдерживаете глупую счастливую улыбку – такая бывает разве что у влюбленных, возвращающихся со свидания.

У многих людей исследование природы, направленное на заполнение «белых пятен» на карте науки, становится страстью, делается целью и смыслом жизни. Нечего и говорить, что именно такие люди оказываются в первых рядах научной армии.

Конечно, каждый научный деятель желает придать своей работе большой размах, разумеется, ему не хватает денег, не хватает площади, не хватает помощников. Дай ему волю, и он закупит все лучшие образцы аппаратуры во всем мире и, конечно, добавит к своим двум верным техникам хотя бы две небольшие мастерские – механическую человек на 20 и электротехническую (на первое время с 10 работниками). Влюбленный в свою профессию научный работник с неудовольствием, а то и с негодованием отмечает, что на какие-то другие исследования, которые не идут ни в какое сравнение со значимостью его работы, отпустили больше средств. Конечно, это от непонимания важности его работы. Но ничего, еще немного труда, и будут новые результаты, тогда всем станет ясна важность его научного направления.

Преданный своей науке человек, умеющий строго и логично мыслить, когда идет речь об анализе научных фактов, теряет объективность, когда это касается развития своего любимого дела, которому отданы мозг и душа; дела, которому посвящена жизнь, нет, которое и есть жизнь! И мне нравится эта потеря чувства реального, этот эгоизм высокой степени, эта собственническая страсть, которую, я надеюсь, никому не придет в голову сравнить со страстишкой разводить шампиньоны.

Желание всемерно расширить свою работу, получить побольше средств и лучшую аппаратуру заставляет исследователя находить ту оптимальную компромиссную линию действия, которая позволяет ему, не изменяя своему научному пути, оказывать помощь практике. Некоторую долю своего времени и сил лаборатории он отводит для решения задач промышленности или прикладных институтов. За это лаборатория получает средства и аппаратуру, которые позволяют более эффективно и быстро справляться с основными научными задачами.

Дополнительное финансирование науки через систему договоров с промышленностью – весьма полезное дело. Ведь предприятия, выполняющие важные практические задания, прибегают к помощи и поощряют именно те теоретические лаборатории, научные дела которых наиболее успешны, которые работают наиболее квалифицированно. Словом, возникает автоматическое регулирование – хорошие лаборатории получают дополнительные деньги. И это вполне справедливо.

## Сегодня у нас коллоквиум

*...здесь рассказано о том, как исследователь следит за успехами науки во всем мире. Автор убеждает в этой главе читателя, что научные командировки в далекие города предпринимаются не только из-за любопытства.*

Сегодня коллоквиум. 14 часов 27 минут. Надо идти. Опоздание не разрешается, и Римма – секретарь коллоквиума – уже позвякивает копилкой, куда опоздавшие покорно опускают гривенники: по одному за минуту. Через год, наверное, соберется денег на хороший ужин. Сотрудникам не хватает дисциплинированности, и копилка тяжелеет. Начинать коллоквиумы минута в минуту добился Петр Леонидович Капица. Его «среды» – самые представительные научные собрания физиков в Москве. У Капицы режим жесткий, коллоквиум не только начинается минута в минуту, но и кончается с точностью до полминуты: ровно через два часа. Если доклад затянулся, Петр Леонидович вежливо прерывает докладчика на любой фразе, говорит, что все это очень интересно и продолжение мы с удовольствием послушаем в другой раз. Хуже, когда тема исчерпана, а до окончания двух часов остается минут 5 – 10. Но Капица – искусный рулевой. Маневрируя вопросами и воспоминаниями, приводит корабль в гавань точно к сроку. Ни минутой позже, ни минутой раньше.

Этому я не научился, и наше заседание длится два часа только примерно. Больше двух часов нельзя – утомительно, внимание ослабевает.

Лабораторный или институтский коллоквиум – это соединительная ткань, связывающая отдельные клетки в научный организм. Исследователь работает один или с небольшим числом сотрудников, а уж думает, во всяком случае, в одиночку. Это неизбежно, а в то же время общение необходимо. Увлечшись своей собственной линией действия и рассуждениями, можно упустить очень многое, пойти по неверному пути, открыть то, что известно другим. Нельзя успешно работать, не представляя себе места и степени важности своего труда в науке. Конечно, можно (и должно) много читать. Но увлеченному исследователю труднее оторвать себя для чтения, чем для живого общения: да и вообще чтение не заменяет обмена мнениями. В научной литературе, как правило, не сообщается о неудачах. Научную статью пишут тогда, когда достигнут успех. А о том, что вы начинаете идти по неверному пути, можно узнать только в беседе.

На лабораторных коллоквиумах мы слушаем сообщения о работах как своих сотрудников, так и гостей из других лабораторий и институтов. Докладчик ждет критики и одобрения, советов и помощи. Сделав два-три сообщения на представительных коллоквиумах и не выслушав в свой адрес язвительных замечаний о том, что все доложенное, во-первых, тривиально, во-вторых, давно опубликовано и, в-третьих, содержит грубые ошибки, исследователь убеждается, что работу можно продолжать. Слушатели запоминают то новое, что они услышали, соображают, нельзя ли извлечь пользу из этого нового для своей работы.

Эта часть работы коллоквиумов, разумеется, самая важная и самая интересная. Но на этом дело не кончается. *Ведь надо следить за мировой научной литературой.*

Написав эту фразу, я невольно вздыхаю. Легко сказать, следить за мировой литературой. Наши научные прародители XIX века справлялись с этой задачей шутя. С нетерпением раз в месяц ждали они выхода в свет одного или двух научных журналов по специальности. Два-три дня чтения, и они были в курсе мировых научных событий. Несколько научных альманахов позволяли им узнать о всех новостях в соседних областях науки. В то время не так уж трудно было знать не только новое в физике или в химии, но иметь полное представление об успехах всего естествознания в целом.

Да, это «доброе старое время» уже давно кончилось. Стремительный разворот научных исследований превосходит всякое воображение. Один статистик подсчитал примерное число научных деятелей от Ромула до наших дней. Оказалось, что из всего этого числа девяносто процентов – это наши современники. Еще в прошлом веке число научных работников исчислялось тысячами, сегодня – миллионами. Надо думать, что в третьем тысячелетии к науке окажется причастным каждый десятый житель земного шара.

О результатах труда этой научной армии сообщают научные журналы. Как вы думаете, сколько их? Пятьдесят тысяч! Если бы они выходили в свет равномерно, то каждые 10 минут перед вами оказывался бы новый журнал. В этих журналах за один лишь 1960 год было опубликовано 1,200,000 статей. Теперь вам понятен мой тяжелый вздох – миллион статей, да еще на всех языках, включая японский и испанский.

Как же быть в курсе успехов науки? Конечно, приходится оставить мысль о том, чтобы знать все, что делается в любой науке. Специализация, как это ни досадно, стала неизбежной. Уже и за всей физикой следить стало невозможно.

Журнальное дело в науке никак не централизовано. Существует множество изданий в разных странах, полностью совпадающих по профилю. Невероятно велико число журналов с Частично перекрывающейся тематикой. Где может быть опубликована, например, статья под названием «Исследование инфракрасного спектра кристалла гемоглобина в связи с некоторыми вопросами его строения»? Только в Советском Союзе в принципе не имеют права отвергнуть такую статью редакции журналов «Физика твердого тела», «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Оптика и спектроскопия», «Кристаллография», «Структурная химия», «Биофизика», «Биохимия» и еще многие другие.

– Как же вы работаете? – спросит изумленный читатель.

На помощь приходят обзорные и реферативные журналы, роль которых растет с каждым годом.

«Эрже» – так называется наш основной помощник реферативный журнал «Физика». Каждый месяц на письменный стол ложится толстый журнал, который содержит краткое изложение 3000 статей. Два-три вечера уходит на его аккуратное перелистывание. Внимание задерживается на таких статьях, которые имеют прямое или косвенное отношение к работе лаборатории, а также на тех рефератах, которые посвящены общим проблемам естествознания. Из этих рефератов я выбираю один-два десятка наиболее интересных для коллоквиума.

Здесь две цели. Ознакомление с содержанием статей, рефераты которых интересны, требует времени. А знать эти статьи нужно. Пусть расскажут о них на коллоквиуме наши начинающие сотрудники. Но и второе важное. Ведь младших сотрудников надо приучать выступать на научных собраниях. Изложить чужую работу – превосходная практика. Часть волнения у неопытного докладчика снимается: за чужие результаты он не отвечает. Значит, надо последить лишь за формой своего доклада. А это все-таки легче.

Реферативные журналы – вещь великая. Если их аккуратно просматривать, то, пожалуй, ничего не пропустишь. Но узнаешь о новостях по ним с запозданием. Сами посудите, редакции такого журнала надо получить оригиналы, сфотографировать их, разослать отдельные статьи для реферирования узким специалистам, а у тех своих дел хватает. И лишь через несколько месяцев журнал получит рефераты. Потом их нужно отредактировать, подготовить в набор. Да и печатание идет не так быстро, как хотелось бы. В результате вы узнаете «новости» с опозданием на один, два, а то и три года. Если работа идет в боевой области, где трудятся тысячи людей, и если вы не вырвались вперед (о чем, конечно, мечтает каждый исследователь), то реферативные журналы для вас не столь актуальны. И все же приходится из месяца в месяц просматривать десятки журналов на всех языках мира.

Если вы давно работаете в одной и той же области знания и не лишены аккуратности, то задачу – быть в курсе успехов своей области науки – вы сумеете выполнить. Труднее обстоит дело в том случае, когда вы начинаете решать новую научную задачу. Вам придется просмотреть реферативные журналы сразу хотя бы за два последних десятка лет: задача и нелегкая и скучная. А также просмотреть систематические указатели к реферативным журналам. Поиски материала по выбранной тематике не сложны: такая тематика всегда упоминается в указателях под вполне определенными рубриками. Хуже обстоит дело, если вы ищете данные, которые еще не пристроились в определенный параграф определенной главы вашей науки. Интересующий вас вопрос может затеряться в других рубриках систематического указателя.

Много молодых исследователей ограничивается просмотром журналов лишь 5–10-летней давности. В результате огорчительное явление – публикация в и без того переполненных журналах статей, открывающих «америки». Можно привести примеры математических формул,

выводившихся «заново» по три-четыре раза. Много научных работников развивает исследования дорогами, ведущими в тупик. Досадно то, что бесперспективность работы была десять-двадцать лет назад уже обнаружена, но молодой работник этого не знает и зря тратит энергию и время.

Если плохо следить за текущей научной литературой, то есть опасность идти за кем-то «по пятам». Так возникает излишнее дублирование в научных исследованиях, проводимых не только в разных странах, но и у нас в Союзе.

Ввиду того что научные публикации неуклонно растут, трудности и недостатки, о которых только что говорилось, растут быстрым темпом. Они чувствительно понижают эффективность работы научных исследователей, и сейчас самое время задуматься о способах преодоления этих недостатков роста.

Совершенно невозможно обойтись без знания английского языка. После второй мировой войны английский решительно оттеснил немецкий и стал главным научным языком. На международных конференциях более девяти десятых докладов прочитываются по-английски. Много западных журналов принимает статьи на любом из главных европейских языков. Тем не менее авторы шлют статьи на английском языке. В этом случае статью прочитает больше всего народа.

С удовольствием можно отметить, что доля научной «продукции» на русском языке весьма весома. После войны нас много переводят, а за границей активно учат русский язык.

Конечно, мне самому приходится много читать, следить, чтобы все сотрудники были в курсе мировых событий. Но иногда... иногда стоит воздержаться от чтения. Свое исследование надо самому додумывать до конца, не подвергаясь гипнозу чужой мысли. В особенности это верно тогда, когда вы вырвались хоть немного вперед. Некоторое время надо идти не оглядываясь.

А вот обзорные статьи и книги надо читать и просматривать всегда. Существуют ежегодники, где квалифицированные исследователи, так сказать с птичьего полета, показывают вам развитие большой области знания за последний год. Это, по-моему, совершенно обязательное чтение для каждого исследователя. К сожалению, далеко не все области знания имеют таких ежегодных обозревателей. А нужда в них крайне велика, во всяком случае, до тех пор, пока на помощь в получении научной информации не придет... робот.

Информационные электронные быстродействующие машины – мечта исследователя. Представляете себе такую возможность! Входишь в комнату робота, нажимаешь рычажок и вежливо спрашиваешь в микрофон:

– Будьте любезны, сообщите, пожалуйста, все исследования физико-химических свойств кристалла нафталина за последние десять лет.

И через минуту металлический голос:

– Записывайте, пожалуйста, измерение теплоты сумликации – «Журнал физической химии», год 1958-й, страница 125, измерение теплопроводности – «Американский журнал химической физики», год 1961-й, страница 327...

Мечта? Да, пока что мечта, но осуществимая. Информационные машины должны в будущем заменить реферативные журналы и кардинально облегчить исследователю сбор прошлой информации, а также помочь ему получать ежемесячные или ежегодные новости.

И, конечно, создание таких машин не блажь, а острая необходимость. Без них через несколько десятилетий наука не сможет развиваться. Ведь темп ее продолжает расти, и вместо сегодняшнего миллиона статей в год в недалеком будущем нас ожидают десятки миллионов ежегодных научных сообщений.

Сплошь и рядом над решением одних и тех же вопросов трудятся десятки, а то и сотни различных лабораторий, расположенных во всех углах земного шара. Было бы совсем неплохо, если бы работа всех этих исследователей шла по одному плану. Но такого общего плана нет, и неизбежно дублирование.

Наш мир, к сожалению, разделен на два лагеря. Капиталистические страны лихорадочным темпом наращивают вооружения, отпускают фантастические суммы денег на научные исследования, прямо или косвенно связанные с разработкой новых средств уничтожения. Страны социалистического лагеря вынуждены также направлять прикладную науку на решение

военных проблем. Естественно, что эти работы засекречены, «закрыты» и никакого обмена информацией здесь нет и быть не может.

Косвенно такое положение дел сказывается и на естествознании, поскольку нельзя предвидеть заранее практическую важность результата исследования. Поэтому не приходится говорить о координации науки в мировом масштабе.

Наличие государственных границ является сильным тормозом развития науки и источником бесцельной потери труда огромного числа ученых, каждый из которых действует без согласования со своими зарубежными коллегами. Трудно даже представить тот качественный скачок в темпах роста научных достижений, который произойдет тогда, когда мир станет единым.

Впрочем, пока немало порядка требуется навести и в своем хозяйстве. Число научных исследований у нас в стране растет с каждым годом, и координация работ во всесоюзном масштабе стала совершенно необходимой. В этом деле мы вправе рассчитывать на быстрый и стопроцентный успех.

Большую роль в согласовании действий играют научные конференции. Как они организовываются?

Инициатива исходит обычно от центральных научных организаций, одной из задач которых является планирование встреч исследователей. Создается организационный комитет конференции, который решает, где и когда созвать конференцию. Рассылаются сотни приглашений заинтересованным организациям с просьбой прислать заявки и тезисы докладов. В зависимости от числа докладов конференция может длиться от 2 до 10 дней. Доклады на широкие темы заслушиваются всеми участниками, более узкие – по отдельным секциям.

Опыт показывает, что наиболее удачно проходят конференции, созываемые в таких городах, как, например, Красноярск. Так далеко? Да, но путевые расходы окупятся.

Путешествие на берег Енисея, куда в другой раз не попадешь, привлечет многих занятых людей, увлеченных своей работой и без этого не желающих покинуть свои лаборатории. Поэтому выбрать прежде всего экзотическое место – неплохой способ, при помощи которого конференцию можно сделать наиболее полезной: чем больше крупных ученых соберется, тем удачнее съезд. И второе – довольно важную роль такая конференция сыграет для той небольшой группы ученых, которая трудится по темам конференции в городе Красноярске! Конечно, выбор города не должен быть случайным. И на Красноярске стоит остановиться лишь в том случае, если темой конференции является красноярская тема. Каждая конференция вдали от центра – большой толчок для развития науки в данном месте. А это ведь очень существенно.

Так что считайте вполне обычным, что исследователь в течение года несколько раз выедет в Красноярск и Тарту, в Одессу и Кишинев, где он встретится со всеми своими соратниками. И пусть на конференции будет много москвичей. Право же, среди будней, заполненных работой, никогда москвичу не удастся так спокойно и так детально поговорить с другим московским коллегой, как в чужом городе.

Читатель вряд ли удовлетворен моим объяснением. При чем тут беседы, скажет он, конференция-то делается, чтобы доклады послушать. Да, это, конечно, более или менее справедливо. Без докладов конференции нет. Но если бы не возможность встреч с коллегами, если бы не соблазн неторопливых бесед с людьми, близкими по духу, если бы не желание подраться с научным противником, показать окружающим его несостоятельность и свое превосходство – без всего этого конференции начисто лишились бы своей притягательной силы и польза от них была бы минимальной.

Я уже давно думал, что научные доклады – это еще не конференция, так же как овощи – это еще не суп, но не решался высказывать сию крамольную мысль до тех пор, пока не попал в первый раз на международный съезд. Это было в 1956 году; до этого мало кому приходилось ездить «по заграницам». Конференция проходила в Монреале – одном из лучших городов Канады.

Через четверть часа после посадки самолета я уже сидел в американской машине рядом с водителем – своим собратом по профессии. Переход от самолетного покоя к лихому автомобильному движению Нового Света был довольно резким. Я еще не оценил качества тормозов и преимущества сильных американских автомашин, и в течение получасовой езды от

аэродрома к зданию университета, где проходил конгресс, я не один раз зажмурил глаза – автомобильная катастрофа, в которой сам принимаешь участие, малопривлекательное зрелище.

Однако оживленная болтовня моего спутника не помешала ему доставить меня в целостности и сохранности к студенческому общежитию университета. Подстегиваемый нетерпением оказаться поскорее в центре событий, я уже через четверть часа попал в аудиторию, где шел доклад. (На конференцию я, конечно, опоздал. Но, я забыл об этом упомянуть, – увы – опоздание русских ученых на международные конгрессы стало национальным признаком.) В аудитории было человек двести (а ведь на конгрессе должно быть около 800 человек, мелькнуло у меня в голове, где же они?), свет был погашен, докладчик демонстрировал схемы своих опытов с помощью эпидиаскопа. Я присел, но через минуту почувствовал, что не в состоянии сосредоточиться на речи моего иностранного коллеги. За последние часы я уже так привык к быстрой смене впечатлений, что, настроенный на этот ритм, не мог усидеть на месте. Выйдя из аудитории и спустившись по лестнице, попал в парк, к которому примыкал университет.

Под деревьями на траве, на раскладных стульях, на перевернутых ящиках из-под апельсинов, на ступеньках лестниц маленькими группами, а то и по двое проводили время в оживленной беседе те самые шестьсот человек, которых не хватало в аудитории. Мне не потребовалось много времени, чтобы оценить всю прелесть и пользу этих непринужденных бесед.

Оказалось вполне принятым, а не неприличным переходить от группы к группе, вслушиваясь в обрывки разговора, и присоединяться к беседе, если она оказывалась интересной. Чтобы облегчить задачу нахождения нужного собеседника, каждому участнику конференции пришиливается на грудь табличка с его фамилией и страной. Был очень занят процесс сопряжения внешнего вида с хорошо знакомой фамилией. Как интересно, что Захариасен так молодо выглядит, а я думал, он глубокий старик. А Вильсон-то, оказывается, здоровый рыжий верзила. Но кто же этот высокий, с ласковым доброжелательным взглядом? Подойдя поближе, узнаешь, что это Харкер. Удивительно приятное занятие. Как жаль, что первый раз не повторяется.

В последующие дни этого конгресса и на других больших конференциях я понял, что большинство участников относится к съездам так же, как и я. Какой-то процент интересных для себя докладов (не очень большой), разумеется, заслушивается, но большую часть времени исследователь проводит в беседах со своими товарищами по профессии и, пользуясь случаем, проверяет свои взгляды на науку, пропагандирует свою точку зрения на тот или иной предмет, узнает подробности о характере и направлении работы своих далеких соратников.

Очень нужны и полезны всяческие научные собрания на любом уровне, и мне совершенно непонятны те немногие «заважничавшие ученые», которые жалуются, «что конференции отнимают у них время». От чего отнимают? Разговор о своей науке с умным собеседником? Да ведь это важный элемент научной деятельности!

## Глава 5 Двери в науку

*...ознакомившись с нею, родители, имеющие взрослых детей, сумеют твердо решить, стоит ли их наследникам поступать в аспирантуру и готовить себя к научной будущности.*

Молекулярная генетика делает колоссальные успехи, и можно помечтать о том времени – право, превосходная тема для научно-фантастического рассказа, – когда, рассмотрев в сверхмикроскоп клетку ткани, отщипнутую от молодого человека, можно будет по характеру расположения атомов сделать точную оценку всех его врожденных склонностей и таким образом смело определить, какое воспитание будет для него наиболее подходящим.

Воспитание играет огромную роль. Но одно дело, когда, формируя человека, приходится действовать наперекор его врожденному характеру (это все равно, что научить коня ходить на двух ногах: труд наставника огромен, но радость, которую животное получит от этого

неестественного умения, весьма сомнительна). Другое дело – труд, затраченный на развитие врожденных склонностей: его результатом будут радость воспитателя, счастье воспитанника и польза для общества.

Врожденные склонности бывают очень и очень разными. В суждениях о наилучшем будущем для молодого человека пока что приходится довольствоваться внимательным наблюдением за его поведением. Вероятно, не бесполезны и психологические тесты, к которым у нас почему-то не любят прибегать.

– Из моего Коли, – сообщает мать, – будет научный работник. Его от книги оторвать невозможно.

Это заключение поверхностное: из пристрастия к чтению еще мало что следует.

– Мой Володя, – говорит другая родительница, – очень общителен. Терпеть не может одиночества, все с товарищами да с товарищами.

Что ж, из этого можно сделать кое-какие выводы. Может быть, даже с этого стоит начать. Я беру на себя смелость попробовать обрисовать те черты характера, те природные склонности, которые, как мне кажется, важны как сырье для воспитания научного работника.

В психологии я не специалист, и мои замечания, наверное, будут носить дилетантский характер. Так вот, первое, по-моему, нужное свойство – мальчик или девочка должны любить оставаться наедине со своими мыслями. Разумеется, ребенок есть ребенок, и будущий научный деятель так же способен радоваться участию в спортивной игре и танцах, как и будущие инженеры или летчики. Но все же тот ребенок, который нас интересует, должен любить оставаться наедине, может быть, с книгой, может быть, с испорченным радиоприемником, а то и просто так. Без ничего. Один со своими мыслями.

Но эта любовь сама по себе еще не говорит ничего. Она может быть свойственна и будущему бездельнику. Это, как говорят математики, условие необходимое, но не достаточное.

Второе важное свойство – это любознательность. В дошкольном возрасте она присуща всем детям без исключения. Бесконечные «почему» есть лишь та необходимая доля любознательности, которая нужна каждому человеку, чтобы научиться жить в мире. Однако достаточно часто эта любознательность удовлетворяется поверхностными вещами и быстро отмирает после того, как ребенок научился безболезненно общаться с окружающим. Но если она сохранилась и продолжает развиваться, то это уже важный знак, мимо которого проходить нельзя. При этом хорошо, если любознательность настойчивая. Желание получить ответ на возникший вопрос должно быть упорным и непреходящим: родители не смогли ответить – есть посторонние; никто толком не объяснил – поищу в книгах; книг не оказалось под боком – попытаюсь сам додумать, проверить, испытать.

Эти два качества достаточны, чтобы рискнуть на воспитание научного деятеля. Но в какой области?

Думаю, что никакие тесты не ответят на вопрос: кем лучше стать – химиком или биологом, геологом или гидрологом, юристом или историком. Выбор узкой профессии – дело случая. Но некоторое грубое подразделение, основывающееся на характере интеллекта, представляется все же возможным. Есть любознательность, но к чему? Интерес к человеческим судьбам, к взаимоотношению людей, к положению человека в обществе, к духовной жизни своих ближних если приводит молодого человека к наукам; то к гуманитарным. Интерес к устройству вещей, к тому, как они служат людям, приведет его в стан ученых-прикладников. Интерес к природе обращает научные склонности к естествознанию.

Иной раз родители сомневаются – стоит ли сыну идти в науку. Способности у него средние, учится так себе, а стремление есть, имеется упорное желание. В этом случае надо приложить силы к тому, чтобы юноша пошел в науку. Возможно, способности проявятся позднее, но даже если они невелики, то преданность любимому делу всегда позволит найти

для человека его место в науке, и радости от своего научного творчества он будет получать вовсе не в соответствии с тем вкладом, который он вносит в науку, а во сто крат больше.

Хорошие данные к науке – ясность, логика мышления, память – могут так и не раскрыться, если ребенок учится в плохой школе, да еще вдобавок в семье никому и в голову не приходит научная карьера. Тогда редкое сочетание названных качеств может так и не сыграть

своей роли. Это очень обидно, и потому замечательным является почин наших сибирских математиков, которые поставили перед собой цель – выискивать наиболее талантливую молодежь для привлечения ее в науку.

Напротив, если ребенок воспитывается в семье, где наука является профессией, да и вдобавок вращается в соответствующем кругу товарищей, то путь его в науку оказывается предрешенным. Правда, очень часто, к сожалению, без необходимых к этому оснований.

В наши высшие учебные заведения идет огромный поток молодежи, и их судьбы решаются в основном в стенах вуза. Воспитание словом и примером играет здесь большую роль. Плохой и равнодушный к науке лектор может оттолкнуть студента от научной карьеры. Напротив, вдохновенное преподавание, интенсивная научная работа, ведущаяся в вузе, помогают раскрытию врожденных научных склонностей студента, прививают любовь к науке.

Затем наступает момент, когда принимается решение и молодой человек говорит: наука должна стать моей профессией. Но не все зависит от его решения. Судьба студента может сложиться по-разному. Он может поступить в аспирантуру, может быть зачислен сотрудником научного учреждения, и, наконец, перед осуществлением его желаний может встать преградой направление на производство, в школу или в больницу.

Познакомимся с самой прямой дорогой в науку – аспирантурой.

Телефонный звонок из дирекции:

– Вы будете в этом году принимать аспирантов?

– Буду.

– Сколько человек?

Я задумываюсь: двух... нет, пожалуй, трех.

Не думайте, что мне так уж хочется увеличивать число своих учеников. Неблагодарной возни с аспирантами хватает. А ответственность? Взял в аспирантуру, значит дал обязательство: через три года подготовить нового ученого. Не вышло – твоя вина. Если аспирант оказался малоспособным – зачем брал? А если про аспиранта ничего плохого сказать нельзя, то сто процентов твоей вины: плохо организовал работу аспиранта, не предоставил в его распоряжение нужной аппаратуры и, самая тяжелая вина (это без всякой иронии), дал аспиранту не диссертательную – не ищите в словаре этого слова, там его нет – тему. Дать тему, из которой диссертация не получилась, это все равно, что взять за руку ребенка, завести его в тупик лабиринта и там бросить: мало кто выберется.

Так что, кажется, чем меньше аспирантов, тем лучше. Однако не надо забывать про необъективную жадность, которая свойственна каждому ученому. Как в весело и широко живущей семье всегда не хватает зарплаты, сколько ее ни прибавляй, так и в хорошей исследовательской лаборатории всегда не хватает помещения, аппаратуры и прежде всего людей. Родилась блестящая мысль, надо ее проверить, а поручить некому, все заняты такими же интересными делами. Просить дополнительные штаты почти безнадежно и, во всяком случае, более хлопотно и утомительно, чем возиться с аспирантом.

Итак, делается заявка на столько человек аспирантов, сколько есть места для впритык поставленных столов.

Начинают появляться молодые люди.

– Откуда вы узнали, что я собираюсь принимать аспирантов?

– А я уже давно мечтаю попасть к вам в лабораторию и слежу за вашими трудами (врет, конечно, самым нахальным образом), а теперь узнал о приеме от Нины (это наша аспирантка).

– Гм... Ну хорошо, когда окончили?

– Да вот сейчас.

– А кафедра даст рекомендацию?

– Да, наверное. Я учился вроде бы не плохо.

– А почему вас не оставили в аспирантуре при кафедре?

На это возможны два варианта ответа.

– Да было только два места. Попали только круглые отличники.

Или:

– Да мне не хотелось работать в том направлении, которое развивается на кафедре.

Надеюсь, вам ясно, какому ответу придать цену. Надо сказать, что исследовательские

лаборатории при кафедре наших лучших университетов находятся в наилучшем положении. Они могут отбирать самых успевающих студентов.

Приходят и молодые люди, проработавшие два года после окончания вуза. Каждого я расспрашиваю о том, что он читал, понимает ли, что надо свободно владеть английским языком, понимает ли, что аспирантура – это не веселая прогулка, а учеба и работа с четырнадцатичасовым рабочим днем.

– Кроме того, – добавляю я, – забудьте на три года об отпуске. Недели на две, может быть, еще буду отпускать, и то посмотрим, как будет идти работа.

Моя задача – запугать трудностями. Слабые духом должны отпасть.

– Ну что ж, – заканчиваю я беседу, – подавайте документы и готовьтесь к экзаменам.

А теперь буду каяться. Все было бы неплохо, если бы число желающих превосходило число мест. В жизни же бывает так, что претендентов как раз столько, сколько мест. А работники в лабораторию ох как нужны. В таких случаях экзамен принимается с полужакрытыми глазами.

Жадность, как известно еще из детских книжек, никогда к хорошему не приводит. Попадаются и слабые аспиранты, которых приходится использовать только как лаборантов при научном сотруднике. Удастся научить их технике работы, но самостоятельного ученого из них не сделаешь. Такой аспирант выпускается из лаборатории, так сказать, в таком же качестве, в каком и пришел. А если руководитель излишне совестлив, и чувствует свою вину, что втравил молодого человека в дело, которое ему не по плечу, то он, чертыхаясь, пишет диссертацию за него.

Впрочем, такие случаи редки.

Если пребывание в аспирантуре не привило любви к науке, то молодой кандидат наук на этом свою научную деятельность и заканчивает. Дело в том, что заниматься на самостоятельных ролях наукой, не любя ее, нереально. Он будет белой вороной и в конце концов предпочтет уйти на другую работу, чтобы быть равным в среде сослуживцев. Однако огорчаться по этому поводу не стоит, аспирантов у нас не мало. По окончании аспирантского срока преданные остаются в науке, другие возвращаются в промышленность или обращаются к преподаванию. Очень хорошо, что аспирантура подготовила и этих людей. Разумеется, трехлетнее пребывание в ней не может не сказаться благотворно на дальнейшей практической деятельности окончивших. Так что все в порядке: от аспирантуры выигрывают и наука, и промышленность, и высшее образование.

К защите кандидатской степени приходят не только через аспирантуру. Не раз я сталкивался с судьбами, заслуживающими глубокого уважения.

После окончания вуза молодой человек попал в заводскую лабораторию или в отраслевой институт, выполняющий срочные правительственные задания. Работа сложная, ответственная, требующая полной отдачи. Но содержание ее не сделаешь предметом диссертации. Нет элемента, считающегося для диссертации необходимым, – установления новых для науки фактов. Работа не всегда ладится. Действуя по спущенным сверху прописям, работник наталкивается на непонятное, встречается с противоречиями, заходит в тупик. Появляются свои собственные мысли, начинаются пробы, искания. В план учреждения они не входят. Поиски ведутся вечерами, ночами. Приходится много читать, рыться в книгах и журналах.

Настойчивый и способный человек добивается успеха. Он выполнил настоящую научную работу. Естественно, почти без дополнительного отпуска пишется научная диссертация. Не приходится и говорить, что такая работа представляет особую ценность и стоит намного выше работы, сделанной диссертантом, держащимся за руку своего руководителя.

Защита диссертации является либо итогом образования, либо необходимой вехой на пути в науку.

В зависимости от способностей и темперамента научного работника дальнейшая судьба его может складываться по-разному. Место есть для всех – и для скромных исполнителей и для тех, кто выходит на передний край; для энергичных и спокойных; для честолюбивых и равнодушных к успеху.

Разумеется, в науке работает много и лаборантов любого ранга, относящихся к делу достаточно честно, но не чувствующих своей неразрывной связи с наукой. Но не о них речь. А

о тех, для кого наука – дело жизни.

Преданность науке щедро оплачивается. Жизнь становится полной и интересной. Каждый день несет что-то новое. Поэтому вы живете в нетерпеливом ожидании – удастся ли произвести вычисление до конца, какую цифру даст экспериментальное измерение, сойдется ли опыт с развитой вами теорией.

Сама работа исследователя бесконечно увлекательна. Вы наткнулись на что-то непонятное и неясное, получили эксперимент, результат которого непонятен. Перепробованы все объяснения – ни одно из них не годится. Загадка все время с вами, она не отпускает вас ни на работе, ни дома, ни в поезде метро. Мысль ощупывает, осматривает, обволакивает непонятное со всех сторон. Вы ищете подступы к проблеме с настойчивостью куда большей, чем альпинист к недоступной вершине. И вот, наконец, мелькает что-то похожее на истину, намечается путь рассуждений – сначала он в тумане, затем туман начинает рассеиваться; дорога уже видна, по крайней мере видны первые сотни метров. Можно браться за карандаш и бумагу и пытаться с помощью математических формул или логических рассуждений начать движение. Вы не оторветесь от этой работы, пока не доберетесь до конца.

Логика не привела нас к решению загадки. Значит, исходные позиции неверны. Начнем все сначала. Еще дни, недели, месяцы работы – и, наконец, победа. Все улеглось в стройную схему. Нет никакой загадки: явление объяснено. Радость, удовлетворение, и притом самое бескорыстное, какое есть в мире.

По окончании работы возникает непреодолимое желание рассказать, поделиться успехом, услышать признание ее важности и полезности.

Так как исследователю доставляет огромное удовлетворение говорить о своем труде, то он охотно пойдет навстречу любым просьбам рассказать о своей работе. Поедет куда угодно, не считаясь со своей усталостью или занятостью.

Разумеется, хочется говорить о себе, о своей роли в науке. Но такой разговор интересен небольшому числу людей. Однако исследователь влюблен не только в свою работу, но и в свою профессию. Ему не менее приятно давать разъяснения по любым вопросам своей науки, а не только по тем, над которыми он сам работает. Не бойтесь оторвать его от занятий дельным вопросом; ответ будет дан пространный, исчерпывающий, вы поймете в конце свидания, что научный работник сам получил удовольствие от беседы с вами – он смог оказать пользу своими знаниями и опытом. Такая бескорыстная помощь, естественна для ученого, как дыхание. Ведь речь идет о его деле, о деле его жизни. Значит, смешно и говорить, что на это жалко времени.

Совсем другое дело, когда жене хочется вытащить мужа в театр или на день рождения любимой тети. Никак не объяснишь, что работать сто раз интереснее, чем пить водку и обсуждать московские театральные новости. Но, вспомнив, что на этой неделе раньше 10 вечера он домой не возвращался, научный деятель жалеет жену, с тяжелым вздохом сдается и идет в гости. В гостях тоже не все слава богу.

– Юра, – дергает жена мужа за рукав, – ведь Анна Ивановна тебя уже второй раз спрашивает, понравился ли тебе Гамлет у Охлопкова.

– Гамлет? Ах, да... ну, конечно, великолепно. – Юра с трудом возвращается в этот странный мир, где люди интересуются какими-то пустяками и мешают ему додумать совершенно необычное поведение дихлорбензола при фазовом превращении.

Да, надо признаться, далеко не всегда чужое общество получит удовольствие от присутствия научного работника. Оторвать его от работы можно только формально. Тело в гостях, а голова все равно в лаборатории. Это не значит, что ученые всегда скучны в гостях. Совсем нет – бывают же и в работе естественные перерывы. Тогда пожалуйста – они могут и шутить, и плясать, и водку пить.

Жизнь послушника науки не чужда мук и радостей честолюбия. Кто-то работал над той же темой, что и вы. Он получил более точные результаты и опубликовал их раньше вас. Ваша работа теперь никому не нужна. До чего болезненно это переживается, даже не могу дать представления читателю. А зато какая радость и торжество в обратном случае.

Вышел из печати ваш труд, в него вложено столько мысли, столько энергии. А соратники прошли мимо него в молчании. Так никто и не заметил. Очень неприятное и гложущее чувство. А зато... Когда через два-три года после опубликования вашей работы начинают учащаться

ссылки на нее, ее читают, используют... Значит, работа сыграла существенную роль в движении всего научного фронта. Вас охватывает огромная радость, глубокое чувство удовлетворения, ощущение своей полезности.

Если вы посвятите себя науке, то пред вами предстанет жизнь, заполненная радостями и унынием, надеждами и разочарованиями! С моей точки зрения нет лучшего существования, и если слово «счастье» имеет смысл, то это оно и есть.

## Глава 6 Немного истории

*...где рассказывается, как познание природы методом словесного жонглирования заменилось экспериментом.*

Читатель узнает также, что великолепные успехи науки придали излишнюю самоуверенность физикам XIX века: они думали, что нам осталось лишь пожинать плоды их трудов.

Человеческий зародыш повторяет в своем развитии весь тот путь, который за сотни миллионов лет проделала эволюция, преобразовавшая лягушку в царя природы. Напрашивается заманчивая мысль сопоставить эволюцию идей от древних греков до нашего времени с развитием взглядов на мир у современного ребенка.

Но тут же приходится отказаться от такого намерения. Среди древнегреческих мудрецов мы находим Аристотеля и Демокрита. Простые, ясные рассуждения Демокрита близки по духу нашим современникам. Что же касается Аристотеля, то доверие к внутреннему смыслу слова, на котором построены его рассуждения, в известной степени свойственно и наивному мышлению ребенка. Сегодня «Физика» Аристотеля не более, чем забавное чтение. А вот взгляды на устройство вселенной Демокрита с небольшой переделкой годятся для популярного изложения основ науки и сейчас.

Но аристотелева смесь наивности и мистики пришлась полностью ко двору христианства. Напротив, учение об атомах Демокрита явно вело к безбожию. Поэтому в конце XIII века Аристотель провозглашается предшественником Христа в объяснении природы. Вплоть до XVII века выступления против Аристотеля рассматривались как посяательства на учение отцов церкви. До нас дошло решение парламента Парижа от 24 августа 1624 года, в котором под страхом смертной казни запрещено «придерживаться, а тем более преподавать истины, которые находятся в противоречии с учением Аристотеля».

С негодованием отвергавшиеся безбожные мысли Демокрита, вероятно, пропали бы для потомства, если бы римский поэт Тит Лукреций Кар не выбрал бы их в качестве предмета для большой поэмы «О природе вещей». Прочитайте, если вы этого еще не сделали, эту великолепную книгу. Искреннее восхищение поэта простотой и ясностью атомной теории, укладывающей в стройную систему самые различные наблюдения над миром, передается читателю, несмотря на наивность поэмы.

Желая получить представление о строе мыслей ученого древних и средних веков, мы должны обратиться к Аристотелю.

С трудом вчитываясь в туманные нагромождения слов, мы найдем в конце концов, в чем заключается принцип объяснения явлений природы по Аристотелю. В то время как атомисты древности, так же как и современные физики, предполагали, что природу надо объяснять количественными категориями: пространственным протяжением, геометрической формой, движением тел и телец, – Аристотель «объяснял» природу, приписывая каждому свойству мистического носителя. Это и есть как раз путь объяснения на уровне психологии пятилетнего ребенка. Почему сладко? Потому что много сладости. Почему тепло? Потому что много теплоты, и т. д. Объяснить можно все, что угодно, никаких трудностей не возникнет.

Как понять, что тела падают на Землю? Очень просто: тела падают под действием присущей им тяжести. Чем больше в теле тяжести, тем быстрее оно падает. Аристотелю чуждо представление, что Земля действует на падающий камень. Поведение тела определено его «природой», его внутренними свойствами.

Возможность «запросто» объяснить все на свете иногда приводит в восхищение: словесная эквилибристика доведена до совершенства. В то время как атомисты принимали в качестве аксиомы (как это делает и современная физика), что частицы материи находятся в вечном движении, аристотелевская физика исходила из того, что каждое движение должно иметь двигатель. Двигатель должен находиться либо внутри тела, либо рядом с ним в непосредственном контакте. Действие на расстоянии считалось совершенно невозможным. Вы хотели бы согласиться с исходными позициями, но как справиться с объяснением самых простых вещей? Скажем, движение брошенного камня. Внутри камня двигателя нет, давящего или тянущего тела тоже нет. Положение вроде бы тяжелое. Но Аристотеля оно не смущает. Желаете объяснения? Пожалуйста: в момент броска рука приводит в движение не только камень, но и окружающую камень среду. Ну, а дальше? Спокойно! Окружающей среде – той ее части, которая пришла в движение, – рука передает еще особое качество – виртус мовенс. Этот виртус мовенс есть способность передавать движение другим телам. Видите, как просто!

Теперь дело пошло без задержки. Камень передвинулся в соседнее место за счет этого самого виртуса, придя в соседнее место, сдвинул новый участок среды и передал ему еще немного виртуса. И так далее. Но ведь камень в конце концов упадет на Землю? Ну, за чем дело стало; ясно, что при каждой следующей передаче количество виртуса становится все меньше и меньше.

А что за среда, о которой идет речь? Вероятно, это воздух. А если воздуха нет? Все равно есть среда. Дело в том, что Аристотель с жаром отвергает возможность пустоты. Ему невыносимы однаково и атомы Демокрита и его понятие вакуума.

Доводы, отвергающие пустоту, весьма темпераментны, а о логике доказательства можно судить по такому «рассуждению»: пустота есть место без помещенных в это место тел. Но это утверждение так же логически бессмысленно, как напиток, которого нельзя выпить, или чувство, которого нельзя почувствовать.

Больше примеров приводить не будем. Думается, вполне достаточно, чтобы составить представление о характере научных рассуждений аристотелева плана.

Приходилось мне читать рукописи современников, написанные в духе Аристотеля. Когда неграмотный человек берется писать о науке, у него выходит что-то в этом роде.

Игра словами от древних веков до нашего времени всегда используется религией и бесконечно чужда научному познанию. Конечно, не случайно францисканские и доминиканские монахи – наиболее нетерпимые из христиан – взяли науку Аристотеля на вооружение. Синтез туманных аристотелевых фраз с догматами религии был с успехом проделан несколькими теологами, среди которых особо выдающуюся роль сыграл Фома Аквинский.

За две сотни лет церковь совершила для себя весьма полезное дело. Но потом она проиграла на этом. Современная христианская философия идет от Фомы Аквинского. Корни ее тесно переплетены с аристотелевским учением о природе. Как только на сцену вышло экспериментальное естествознание, стало уже невозможно защищать науку Аристотеля. Пришлось религии разводиться с Аристотелем. При этом не обошлось без идеологических потерь.

Новый период в науке начался в XVI веке. Он знаменуется открытием Коперника и трудами Пьера Гассенди, возродившего атомную теорию Демокрита.

На смену схоластическим рассуждениям о природе приходит наблюдение и опытное исследование. Становится ясным, что слова служат для обозначения явлений и сами по себе не способны объяснять природу. Эту смену вех отчетливо ощущает историк, перелистывающий труды великого итальянца Галилео Галилея, родоначальника экспериментальной физики. История не считает доказанным, что Галилей ставил эксперименты для проверки своих утверждений, но важно то, что он указал те опыты, которые могли бы быть для этого использованы.

Характерную для современного естествознания постановку вопроса – прежде чем объяснять явление, надо его описать, – мы находим у Галилея.

Вполне сознательно оставляет он в стороне вопрос о том, почему происходит то или иное движение. Его занимает вопрос: как оно происходит? Речь идет не о том, чтобы объяснить, а о

том, чтобы описать движение. Это ограничение, которое Галилей накладывает на себя, носит временный характер. Ему ясно, что вопрос о причинах движения сможет быть поставлен лишь после того, когда факты будут исчерпывающим образом описаны.

Что касается игры в слова, то понимание тщеты этого приема как способа объяснения для Галилея вполне очевидно. Вот замечательный отрывок из знаменитых диалогов между Сальвиати (говорящего устами Галилея) и Симпличио (то есть простака, представителя аристотелевской школы). Выводя своего противника на свежую воду, Сальвиати спрашивает:

– Так какова же причина, что тела стремятся к Земле?

– Каждый знает, что причина в Тяжести тел, – отвечает Симпличио.

– Вы ошибаетесь, синьор Симпличио. Надо было сказать: каждый знает, что причина эта называется Тяжестью.

И далее Сальвиати поясняет, что, давши это название явлению, мы ни на йоту не продвинулись в его понимании. И заключение – не играйте словами.

Итак, замок слов, построенный Аристотелем, разрушен.

На его месте начинает строиться здание науки, и прежде всего механики. Наступает 1687 год, выходит в свет творение гениального английского физика Исаака Ньютона «Математические начала натурфилософии». В работе изложены основные законы, которым подчиняется движение любых тел.

Любых? Будущее покажет необходимость оговорки. Но в течение следующих 200 лет накапливается множество доказательств исключительной точности законов Ньютона. Не только нет мыслей об ограниченной справедливости механики Ньютона, но, напротив, приобретает уверенность в божественной справедливости этих законов природы.

Вслед за открытием законов механики шествуют замечательные математические исследования, которые используются тут же для решения задач механики. Новые задачи в механике, в свою очередь, диктуют задания математике. Проходит совсем немного времени, и исследователи готовы ответить на вопрос, как будет двигаться тело. Для этого нужно знать только лишь начальные условия: где было тело в заданное время и какова была его скорость в этот момент. Дальнейшая судьба тела в руках ученых – законы Ньютона, облеченные в форму дифференциальных уравнений<sup>^</sup> решат ее. Законы скажут, по какой кривой – эллипсу, параболе или другому пути – будет двигаться тело. Если вас интересует значение скорости движения, то, пожалуйста, скажите, в какой момент времени или в какой точке траектории вы желаете знать скорость движения, и уравнения Ньютона дадут ответ и на это так же, как и на любой другой вопрос о движении интересующей вас материальной частицы.

Правда, есть небольшое «но». Чтобы составить прогноз будущего, надо располагать сведениями о силовом поле, в котором находится тело. Но великий Ньютон установил не только законы движения тел. Он предоставил в наше распоряжение знаменитую формулу поля тяготения – изящную и простую, позволяющую вычислить силы взаимодействия между двумя телами, если только известны их массы и взаимное расстояние.

Поэтому первым приложением всего богатства механических и математических идей является, конечно, движение небесных светил. И успехи в объяснении поведения планет стали так замечательны, что трудно быть пессимистом и сомневаться в универсальной справедливости творения Ньютона. Триумфальным аккордом является, разумеется, расчет Урбена Леверье. История этого расчета изложена во всех научно-популярных книжках. Но пример слишком хорош, и у автора теплится надежда, что значительная часть читателей познакомится с Леверье впервые как раз на этих страницах. Итак, идет 1845 год. К этому времени рассчитаны движения всех планет. Превосходно совпадают вычисления и астрономические наблюдения. Все планеты в наперед рассчитанные мгновения находятся именно в тех точках неба, которые предписаны расчетом. Все планеты?.. Нет, не все. Капризничает Уран: эта далекая планета не слушается законов Ньютона.

Но этого не может быть! Уверенность в незыблемой справедливости законов настолько сильна, она получила уже такое множество подтверждений, что сомневаться в законах Ньютона – значит сомневаться в науке. Как же понять поведение Урана?

Видимо, рассуждает Леверье, существует еще одна до сих пор не замеченная планета. Ее силы притяжения не вошли в уравнения. На соседях, далеких от невидимки, это влияние не

сказалось. Но если допустить, что неизвестная планета живет где-то по соседству с Ураном, то можно понять, почему Уран не ложится на вычисленную ему орбиту.

Тогда можно поставить обратную задачу. Надо вычислить, насколько отклоняется Уран от того пути, который ему предписывают дифференциальные уравнения. В каких-то точках Уран отходит от вычисленной траектории влево, в других – вправо. В каких-то местах траектория больше всего отклоняется от вычисленной, а в иных местах вычисление и опыт различаются немного. Но ведь по закономерностям этих отклонений мы можем выяснить, как движется неизвестная планета. Когда она близко от Урана, она действует сильнее, когда далеко – слабее. Вот такой точный расчет и произвел Леверье. Он нашел траекторию невидимой планеты и указал, в какие моменты и в каких точках неба надо ее искать. В сентябре 1846 года новая планета была обнаружена в предписанном ей месте. Семья планет пополнилась Нептуном.

Дух захватывает, когда описываешь этот великолепный пример научного предвидения. Я представляю себе чувство восторга, которое охватило естествоиспытателей – современников Леверье, когда на весь мир прозвучала новость: планета Леверье найдена. Что же касается самого автора этой работы... здесь мое воображение бессильно.

Нетрудно понять безоговорочную веру в справедливость законов механики Ньютона после такого успеха.

Но механика – лишь небольшая часть науки. Не рано ли гордиться успехами естествознания? Сколько еще существует явлений другого порядка – оптических, электрических, магнитных и прочее. И все равно законы механики превыше всего!

Так рассуждало подавляющее большинство естествоиспытателей. Разные явления отличаются друг от друга лишь видом силового поля. Уже Ньютон дал совсем неплохую классификацию сил. Кроме тяготения, он выделял магнитные, электрические, оптические, химические и когезионные силы. Задача сводилась лишь к тому, чтобы знать законы соответствующих силовых полей. Если они известны, то дальше законы Ньютона по-прежнему позволят определить судьбу тела совершенно так же, как они могут предсказать поведение планеты под действием тяготения.

Ну, а природа сил?

Как ни странно, этот вопрос мало кого волновал.

Некоторую роль в отсутствии такого интереса, вероятно, играло взаимоотношение науки с религией. И правда, вопрос этот, оставленный без ответа, всегда позволяет при желании включить в схему господ бога. Некоторые механики (Мопертюи) даже пытались доказывать существование бога, аргументируя математической выразительностью основных принципов механики. Другие заявляли, что гипотеза о существовании бога ничего не прибавляет к науке и нисколько не продвигает нас в понимании природы сил (Лаплас).

Но были и такие исследователи, которые желали навести порядок в царстве сил и свести их к одной причине.

Думать о природе сил – это значит размышлять о строении материи. Мир Демокрита, состоящий из частиц и пустоты, находил многих приверженцев. Ньютонская механика позволила заменить наивные крючочки, связывающие атомы, силами тяготения, действующими на расстоянии. Атом стал фигурировать в сочинениях того времени как шаровидное тело. Представлялось, что взаимодействия этих невидимых шариков как-то объясняют свойства веществ.

Но в начале XVII века великий Декарт предложил другую теорию мироздания. В основе всего лежит невидимый, всепроникающий эфир. Пустоты в мире нет, все заполнено этим носителем или носителями, так как обсуждалась возможность, что каждое явление имеет свой эфир: электрическое – электрический, оптическое – световой и т. д.

Гипотеза эфира объясняла действие тел на расстоянии. И тяготение и электричество действуют самым превосходным образом в вакууме, без всякой среды. В это трудно поверить, и в особенности трудно, если, как это было доказано в XIX веке, электромагнитные действия распространяются не мгновенно: одно тело чувствовало приближение другого не сразу, а с запозданием. Ясно, что действие распространялось в чем-то, и этим «чем-то» должен быть материальный носитель.

В учении об электромагнитных полях, развитом Фарадеем, была спокойная уверенность в

существовании эфира. Хотя эфир никак не участвовал в формулах, управляющих поведением электрических, магнитных и световых полей, обойтись без него казалось невозможным, и исследователи не сомневались в его реальности.

Что же такое эфир? Возможно, это своеобразная жидкость, находящаяся в вихревом движении; может быть, это спокойная жидкость, в которой пульсируют более плотные шары. Для объяснения световых явлений оказалось нужным предположить, что эфир обладает свойствами твердого тела – в нем могут распространяться сдвиговые волны (сдвиг – исключительное свойство твердого тела).

Хотя и не было создано красивой универсальной модели эфира, которая объясняла бы все физические явления, хотя не было никакой ясности во взаимоотношении эфира с атомами и молекулами, уверенность в существовании общего механизма была достаточно бесспорной.

В конце XIX века появились замечательные исследования Клаузиуса, Больцмана и Гиббса. Оказалось, что, применяя законы механики и теории вероятности к поведению больших скопищ молекул (в основном молекул газа), можно превосходно объяснять физические свойства тел. Эти работы опять укрепляли уверенность в том, что мир покоится на трех китах – трех законах ньютоновской механики, которые управляют движением невидимых частиц с тем же успехом и с той же точностью, что и движением небесных тел.

Отсутствие в то время каких-либо надежд на изучение мира в субмикроскопическом масштабе отодвигало проблемы строения материи в сторону. В некоторой степени эти проблемы рассматривались как философские, метафизические, стоящие в стороне от естествознания.

Это особенно отчетливо видно из высказываний недалёковидных философов вроде Маха или Оствальда, которые требовали, чтобы вопросы строения были изгнаны из физики. Видимо, отсутствие знаний об эфире, о молекулах, о природе сил не рассматривалось как нечто, чего физике недостает.

Картина мира была построена: тела и частицы движутся так, как велят законы Ньютона. Формулы сил, представляющие их через свойства взаимодействующих тел и расстояния между ними, известны. Остается подставить их в дифференциальные уравнения, и все задачи физики будут решены. Физика в основном законченная наука.

Собираясь писать эту главу, я стал листать старую энциклопедию Брокгауза и Ефрона. Том, в котором помещена статья «Теплота», вышел в свет не так уж давно, в 1891 году. Автор статьи добросовестно изложил законы термодинамики, способы измерения тепла и только несколько фраз сказал о природе тепла: «Мы уверены в том, что тепло связано с какими-то движениями частиц вещества». Вполне ясно из контекста, что автор не считает существенным природу движения, он не относит это к физике.

С такой позиции не раз выступали в конце XIX века физики-теоретики. Они заявляли о законченности физики как науки. История запомнила немало курьезов этого толка. Так, например, учитель Макса Планка не советовал ему заниматься физикой.

– Все уже сделано в этой науке, – наставлял Макса воспитатель, – займитесь чем-нибудь другим.

Не послушавшись совета, Планк через несколько лет выполнил свое знаменитое исследование о квантовом излучении, которое легло в основу современной физики.

Талантливый и умный физик лорд Кельвин сказал в одном из своих выступлений: «Теоретическая физика представляет собой стройное и законченное здание. На ясном небе физики имеются всего лишь два небольших облачка. Я думаю, что эти два частных вопроса будут скоро разрешены и физикам XX века уже нечего будет делать».

Вам интересно узнать, что это за два облачка? Надо отдать Кельвину должное в том, что он упомянул именно эти две неприятности (неприятности с точки зрения физиков конца XIX века). Одна из них – это постоянство скорости света, обнаруженное в опыте Майкельсона. Из этого облачка выросла теория относительности! Другая – кривая интенсивности излучения в зависимости от длины волны. Теория этого времени требовала, чтобы кривая лезла вверх с

уменьшением длины волны, то есть при переходе в голубую сторону спектра. Но опыт привел к «голубой катастрофе» – кривая имела максимум, перевалив через который падала к волнам малой длины. Эта вторая неприятность привела к квантовой физике, когда Планк выяснил, в чем здесь дело. Так что Кельвин угадал неплохо.

Теперь, надеюсь, читателю будет ясна полная растерянность ведущих физиков того времени, когда начало XX века обрушило на их головы потрясающие открытия. Разочарование их было столь велико, что некоторые из них (Лоренц) выражали свое сожаление – зачем они дожили до этого времени.

Это хороший урок, и история науки запомнит, как небезопасно самомнение века, выражающего претензию на окончательное познание истины.

Посмотрим теперь, что же произошло в XX столетии.

## Глава 7 Первая атака на здравый смысл

*...где выясняется, что слова «само собой разумеется» надо изгнать из лексикона физики. Попутно автор поставил перед собой задачу объяснить, что значит «объяснить».*

Великолепное здание физической науки, воздвигнутое в XIX веке, красовалось недолго. Рухнуло оно в 1905 году. Это был год публикации одного из самых замечательных творений человеческого гения – теории относительности, созданной двадцатипятилетним Альбертом Эйнштейном.

На нескольких десятках страниц при помощи строжайшей математической логики были изложены выводы из двух аксиом. Выводы поразительно неожиданные, они ломали существовавшие дотопе представления, разрушали фундамент физики. Исследование захватывало своей глубиной, поражало необычной придирчивостью к каждому на первый взгляд само собой разумеющемуся утверждению. Было невозможно вырваться из неумолимой логики рассуждений Эйнштейна, которая приводила читающих, несмотря на их внутренний протест, к парадоксальным результатам: выводы были неизбежным следствием двух аксиом.

Удивительно, что каждая из них не была неожиданной для читателя того времени. Эйнштейн лишь первый задумался над тем, к каким следствиям приведут эти две аксиомы вместе.

Взятые из различных областей физики, обе аксиомы впервые встретились в одной статье. Что же это за аксиомы?

Первая из них говорит следующее:

Если два наблюдателя движутся один по отношению к другому прямолинейно и равномерно, то каждый из них находится в совершенно одинаковых условиях.

Как видите, нет способа установить, кто из них движется, а кто покоится на самом деле. Бессодержательно спрашивать, кто находится в «истинном» движении. Нет такого понятия, как абсолютное движение. Движение относительно!

Этот хорошо известный со времен Галилея принцип механики утверждает, что покой нельзя отличить от равномерного прямолинейного движения. И в общем-то хорошо сочетается со «здравым смыслом». Каждый знает по своим ощущениям, что с закрытыми глазами не отличишь покоя от плавного движения корабля или самолета.

Иначе обстоит дело со второй аксиомой. Хотя положение о том, что скорость света оказывается одинаковой для разных наблюдателей вне зависимости от их движения (это и есть вторая аксиома), было в то время физикам известно, оно все же рассматривалось как некий странный опытный факт, в котором еще надо разобраться. Эйнштейн возвел это странное положение дел в ранг аксиомы.

Явление, о котором идет речь, было обнаружено Майкельсоном и Морлеем в 1887 году. Исследователи поставили перед собой задачу сравнить скорость распространения света с востока на запад и с севера на юг. Такое сравнение похоже на сопоставление результатов измерений двух лабораторий – одной, движущейся вместе с нашей планетой, а другой – не

участвующей в суточном движении Земли. Опыт показал, что скорость света одинаковая. Результат эксперимента делал непонятным поведение носителя света – всепроникающего невесомого эфира. Различные попытки примирения опыта Майкельсона с физикой XIX века безуспешно продолжались до 1905 года. Эйнштейн разрубил гордиев узел – непонятный факт возводился в принцип, в исходное понятие. Надо было считать это явление фактом, данным нам природой.

Объединение двух аксиом означало совершенно новую формулировку принципа относительности. То, что верно для скорости света, справедливо и для любых других проявлений электромагнетизма. Поэтому, утверждал Эйнштейн, никакими физическими опытами нельзя выделить одну систему из бесконечного числа систем, движущихся равномерно и прямолинейно друг по отношению к другу. Эти системы совершенно равноправны.

К каким же выводам приведут нас эти две аксиомы? Студенты Московского университета приема 2965 года будут, наверное, усваивать эти выводы на практике. Преподаватель попросит Мишу и Петю занять места в двух тождественных ракетах, нажмет нужные рычаги и отправит их в учебное путешествие. Для выяснения сущности теории относительности проще всего поступить следующим образом: космические вагоны надо отправить по одной линии в разные стороны; в каждом вагоне на противоположных боковых стенках следует поместить источник и приемник света. Перед отправлением Миша и Петя тщательно сверяют свои часы и налаживают радиоприемники и передатчики.

Первое задание преподавателя звучит так: измерить по часам время, необходимое для прохождения света от одной боковой стены своего вагона до противоположной. После того как ускоряющие двигатели были выключены и вагоны перешли в режим равномерного движения, студенты приступили к измерению времени.

– Все в порядке, – сообщают они друг другу и преподавателю, – передаем результаты.

Цифры совпадают: вагоны в точности одинаковые, опыты тождественные – иначе и быть не может, – время по часам Миши, измеряемое Мишей, и время по часам Пети, измеряемое Петей, течет одинаково.

Второе задание заключается в измерении того же события, но на чужом корабле. Теперь Миша измеряет время прохождения светового луча в Петинем корабле, а Петя определяет время такого же события в Мишином корабле. Измерения, естественно, носят уже другой характер. Мгновения, соответствующие началу и концу измеряемого интервала времени, могут быть сообщены на чужой корабль при помощи радиосигнала. Миша измеряет время между приходами радиосигналов, которые послал Петя, а Петя измеряет интервал времени, который проходит между радиосигналами, посланными Мишей. Теперь Миша измеряет время, идущее по часам Пети, а Петя измеряет время, идущее по часам Миши. Измерения дают другой результат: у обоих студентов получились опять-таки одинаковые цифры (условия измерения полностью симметричны), но цифры оказались несколько большими, чем в первом измерении. Попутешествовав на своих ракетах в разных условиях, студенты устанавливают на опыте следующее. Для наблюдателя, неподвижного по отношению к событию, временной интервал события имеет какое-то характерное значение. Движущиеся наблюдатели для этого же события будут получать большие цифры, и при этом тем большие, чем быстрее они движутся.

Оказывается, время относительно. Результат измерения времени зависит от состояния движения измеряющего по отношению к измеряемому событию.

– Но этот результат эксперимента есть строгое следствие аксиом Эйнштейна, – поясняет Миша Пете (или Петя Мише; мы не будем лишать их симметрии). – Обрати внимание на то, что луч света идет поперек вагона только тогда, когда мы ведем наблюдение за своим лучом.

Наблюдая же за чужим вагоном, каждый из нас двоих отмечает: добираясь от источника до приемника, луч прошел большее расстояние. Оно равно длине гипотенузы некоего треугольника. Одна сторона его – путь, на который переместился чужой вагон, пока свет достигал приемника, а другая – ширина вагона. Но скорость света одинакова для нас обоих. А путь, пройденный лучами, разный. Значит, промежуток времени, за который свет прошел расстояние от источника до приемника в своем вагоне, меньше для своего наблюдателя (свет прошел более короткий путь – поперек вагона), чем для чужого (в чужом вагоне он, нам

кажется, прошел по гипотенузе). А это как раз то, что мы с тобой наблюдали, заключает Миша (или Петя).

После этого наша пара спокойно отправляется обедать, нисколько не взволнованная революционностью полученного результата.

Но современникам открытия Эйнштейна принятие этого вывода давалось с большим трудом.

– Время не абсолютно!

– Время зависит от движения наблюдателя!

– Один и тот же процесс протекает с разной скоростью, если наблюдать за ним с разных позиций!

Все эти формулировки одного и того же факта казались необычными, странными, противоречащими здравому смыслу. Особенно неприятно было соглашаться со следствием, вытекающим из симметрии наблюдателей: для каждого из двоих измерения своих событий приводят к меньшим цифрам. Так, Миша сообщает Пете: мой световой сигнал затратил на прохождение пути 1 микросекунду, а твой сигнал – 1.1 секунды; но Петя сообщает Мише: мой световой сигнал затратил на прохождение пути 1 микросекунду, а твой сигнал – 1.1 микросекунды. Чтобы парадокс был яснее, его можно сформулировать так: Миша устанавливает, что отстают Петины часы, а Петя – что отстают Мишины часы.

А нельзя ли выяснить, чьи часы отстают на самом деле после того, как Миша и Петя возвратятся из своего учебного путешествия в космос? Сверить, конечно, можно, но это не способ проверки вывода специальной теории относительности, содержание которой мы сейчас излагаем. Изложенный вывод принадлежит только этой теории, которая касается, только случая равномерного прямолинейного движения. При таком движении наблюдатели могут встретиться только один раз, и проверка поведения часов может быть сделана только путем радиоразговоров.

А что все-таки произойдет, если сверить Мишины и Петины часы после их возвращения? Будут ли часы показывать одно и то же время или какие-то уйдут вперед? Оказывается, чтобы дать ответ на этот вопрос, надо точно описать, как происходило движение обоих космонавтов по отношению к звездному небу.

Один случай представляет особенный интерес. Предположим, что из какого-то места ушла в далекое путешествие космическая ракета, а потом через какое-то время вернулась в то же место. Перед отправлением часы на ракете и на космодроме были сверены. Вторая сверка происходит после возвращения ракеты. Можно строго доказать, что больше времени пройдет на часах космодрома. Если путешествие было очень быстрым (близким к скорости света), то на ракете могут пройти годы, в то время как на космодроме пройдут десятилетия и даже столетия.

Но на этих занятных выводах нет возможности останавливаться подробнее. Хотелось лишь подчеркнуть, что строгое физическое рассуждение, основывающееся на бесспорных аксиомах, привело к новым взглядам на такое фундаментальное понятие, как время. Оказалось, что промежуток времени есть относительная величина, то есть с разных точек зрения время одного и того же события оказывается разным.

Ясно, что уже и этого единственного заключения теории относительности вполне достаточно, чтобы возмутить «здравый смысл». Выслушав меня терпеливо, «здравый смысл» вступает в беседу.

– Что за чушь: с одной точки зрения, с другой точки зрения? Это же противоречит здравому смыслу... А на самом деле сколько времени прошло?

– Да нисколько, так спрашивать нельзя.

– Ну, знаете! Как это – нельзя? Вздор!

– Но, позвольте, ведь есть много вещей, про которые спрашивать нельзя. Скажем, ведь вы согласны, что бессмысленно спрашивать, какой город ближе – Ленинград или Париж. Для нас, жителей Москвы, Ленинград ближе Парижа, а население Марселя не сомневается, что Париж у них под боком, а Ленинград далековато.

– Ну, да это совсем другое дело.

– Другое?! Да нет, очень похожее. На вопрос, не имеющий смысла, нельзя дать ответа.

– Но почему вопрос о том, сколько на самом деле прошло времени между выстрелом и

попаданием в цель, лишен смысла? Ведь время...

– Да, да, пожалуйста, ведь время... Вы, кажется, хотели сказать, что такое время?

– Ведь время – это... да не спрашивайте про пустяки, всякий знает, что такое время... Ну, в конце концов время – это то, что меряется часами.

– Превосходно, совершенно правильно. Лучшего ответа нам и не надо. С этого ведь я и начал объяснение. Я просил вас только обратить внимание на то, что каждый носит свои часы при себе и о своем времени судит легко. А вот о чужом времени...

– Свое время, чужое... Не влезает мне это в голову. Время одно.

– Уфф! Ну как же одно? У первого путешественника свои часы, а у второго свои, и если они хотят сверить часы, то одному из них надо послать сигнал другому. Ведь я же вам это объяснял: один смотрит, сколько времени заняло событие, по своим часам, а второй – тот, что движется, – посылает сигналы, сколько времени показали его часы в начале и конце события. Так мы и пришли к выводу, что интервал между событиями, измеренный по своим часам, будет больше.

– Вы все про часы, а я про время. Ведь время...

– Ну что, ведь время? Вы же согласились, что время – это то, что измеряется часами.

– Нет и нет, не запутывайте меня, пожалуйста. Я чувствую, что здесь что-то не так. Не укладывается у меня это в голове.

Да, тяжело бороться со здравым смыслом. Но спорить с тем, кто отбрасывает строгую логику рассуждения в угоду безапелляционно принятым «истинам», – это как об стену горохом. Разумеется, выводы теории относительности с изумлением, восторгом и преклонением перед мощью аналитического разума были быстро подхвачены тысячами физиков, которые, проверив логическую нить Эйнштейна, не нашли в ней ни малейшего изъяна.

Но сторонники здравого смысла продолжали негодовать, возмущаться, требовать «других доказательств» еще долгие годы (поразительно, что даже и сейчас изредка слышатся их голоса). А в этих «других доказательствах» недостатка не было. Они появились в совершенно неограниченном числе много времени спустя, когда физики начали работать с частицами, движущимися с околосветовой скоростью.

Я остановился лишь на выводе теории, касающемся промежутков времени. Но столь же строго из основных постулатов теории относительности следовали и другие революционные выводы. Среди них – заключение о возрастании массы частицы с увеличением скорости ее движения и заключение об эквивалентности энергии и массы.

Проще всего было подтвердить на эксперименте возрастание массы частиц. Это уже давно было сделано для электронов. Проверка же закона эквивалентности стала возможной, когда физики занялись ядерными превращениями и уравнение Эйнштейна легло в основу всех расчетов ядерных реакций. В последнюю очередь стала возможной в лабораторных условиях непосредственная проверка сокращения интервала времени для движущейся частицы.

Впрочем, уже много лет никто (за редчайшими исключениями) из физиков не смотрит на эти эксперименты, как на проверку теории. Она получила безоговорочное признание, стала основой будничной работы физиков.

Но значение теории относительности для физики выходило за рамки открытия нового закона природы. Она повлекла за собой постепенное изменение психологии исследователей, работающих в области естествознания. Физики стали крайне осторожно относиться к заверениям здравого смысла. Они начали приучаться ощупывать со всех сторон каждую фразу, претендующую на объективное значение. Они стали бояться слов, пустых слов, под которыми нет ничего. Прочувствовали необходимость удаления из науки даже ничтожных следов аристотелевой атмосферы.

На примере с парадоксом времени физики поняли, что любое понятие, фигурирующее в их уравнениях, должно либо отвечать на вопрос: «А как его измерить?», либо быть связанным с измеряемыми величинами функциональными зависимостями.

Если сказано, каким образом величину можно измерить или вычислить, то к этому добавить больше нечего. Природа объективна, то есть она существует помимо исследователя; а вот физические величины предложены и введены в обиход наблюдателем природы, с тем чтобы как можно лучше ее описывать.

Постепенно, хотя гораздо медленнее, чем шло развитие науки, из учебников начали устраниваться пустые определения, бессодержательный набор слов, определения, которые создавали впечатление, что за словом что-то скрывается, что слово имеет внутренний, подлежащий раскрытию смысл.

– Что такое сила? – вопрошал учитель.

– Сила – это физическая величина, измеряемая по растяжению пружины, – отвечал ученик, и совсем неплохо отвечал.

– Да нет, – настаивал учитель, – вы сказали, как измерить силу. А я спрашиваю, что такое сила?

– Сила – это... это натиск, это действие, это причина движения, – мямлил ученик, вспоминая, что написано в учебнике.

– Вот это хорошо, – радовался учитель.

А хорош-то ответ первый. Остальное же – бессодержательные, пустые утверждения.

После урока, преподнесенного теорией относительности, физические построения стали неизмеримо яснее и строже. Схема физического объяснения явления получила четкие черты.

Мне несколько раз приходилось по просьбе Министерства просвещения присутствовать на экзаменах школьников по физике. Когда попадался ученик довольно сильный, я просил разрешения у учителей задать ему несколько вопросов.

– Что произойдет с медным стержнем, если его нагреть?

– Он расширится, – отвечал экзаменуемый, думая, а нет ли в этом простом вопросе подвоха.

– Почему?

– Все тела при нагревании расширяются.

– Превосходно, а почему?

Ученик задумывался.

– Атомы при нагревании движутся быстрее, в результате они как бы расталкиваются, среднее расстояние между ними растет, а значит, и размеры тела возрастут.

– Великолепно, – здесь я делал небольшую паузу, – а скажите, почему атомы движутся быстрее при нагревании?

Замешательство. Молчание. Ученик бросает беспомощные взгляды на учителя, во взоре безмолвный упрек: «Ты же нам про это не говорил». Учитель тоже выбит из седла и духмает: «Принесла тебя нелегкая с каверзным вопросом – почему атомы движутся быстрее! А кто же его знает, почему».

И только один ученик из десяти, недоуменно пожав плечами, отвечал:

– Да ведь убыстрение движения частиц с температурой – это основной закон природы.

Правильно, дорогой! Только этого я от тебя и хотел. Ты правильно понял, что физическая схема объяснения явления заключается в сведении частного к общему, в логическом показе, что данное явление есть частный случай общего закона природы. А общий закон природы – это сегодняшняя потолок объяснения. Общий закон природы потому так и называется, что его неоткуда вывести. А раз неоткуда вывести, значит нельзя объяснить. Разумеется, такое положение дел может быть временным, потолок объяснения по мере развития науки имеет тенденцию к возвышению. То, что сегодня выглядит общим законом природы, через несколько лет может оказаться следствием открытого еще более общего закона природы, для которого старый закон – лишь частный случай. Так было с законами движения Ньютона. После открытия Эйнштейна мы смотрим на уравнения Ньютона как на частный случай законов движения при малых скоростях.

Беспримерное свершение Эйнштейна привело и к более глубокому пониманию роли теории в естествознании. Если бы мы ранее спросили физика о том, какова цель теории, то скорее всего он ответил бы, что цель теории – это «выяснить природу явления, получить картину явления, выяснить его механизм, получить наглядное представление о явлении». Я думаю, что сегодня мы услышим этот туманный ответ от меньшинства. На подобный вопрос последует теперь более четкий и, если хотите, более гордый ответ: «Цель теории – предсказывать явления».

Наглядность, модельность представлений о природе, столь высоко ценившаяся в XIX

веке, когда физики старались изобразить на бумаге вихревые движения невидимого эфира, «объясняющие» природу света и электричества, оказалась несостоятельной. Теория относительности не предложила вместо похороненного ею эфира новой механической модели, и тем не менее сила и мощь теории были бесспорны – она позволила предугадать ряд важнейших явлений, о возможности наблюдения которых тогда не имели еще ни малейшего представления.

Вдумайтесь в это. Разве это не великолепно, что человеческий разум исключает элемент неожиданности, позволяет предвидеть исход несвершившихся событий! Разве это не та мощь, которая приписывается религией лишь божественной силе! Нет другой цели у естествознания в его стремлении к познанию мира, кроме как предвидение будущего.

Но не одна теория относительности создавала современное физическое мышление. Огромную роль сыграли также потрясающие открытия в мире атомов.

## Глава 8 Капитуляция

*...где рассказывается о том, как был окончательно посрамлен «здравый смысл» в результате открытия закона движения электронов.*

Вопрос: «Что там внутри?» – ребенок пытается решить, разламывая пополам любимую игрушку. Очевидно, этот интерес сохраняется у человека на всю жизнь. Так по крайней мере пытаюсь я объяснить сравнительно высокую любознательность, которую проявляет широкая публика к структуре вещества.

– Скажите, из чего состоит молекула? Да, да, из атомов, вспоминаю. Ну, а вот молекула воды, как она построена, можно узнать?

– Пожалуйста, посмотрите на рисунок. Атом кислорода в центре, а два атома водорода – по бокам.

– Замечательно, а главное, как просто, и наука сумела установить, что три атома не лежат на одной прямой. Я теперь совершенно ясно представляю, как построена молекула воды. А атом из чего состоит?..

К началу XX века физики остановились на модели строения атома, предложенной Резерфордом. Атом состоит из положительно заряженного электричеством крошечного ядра, которое находится в центре атома, а вокруг него вращаются электроны в количестве, как раз соответствующем порядковому номеру элемента в таблице Менделеева.

– Скажите, как просто, – умилялись читатели журналов того времени. – Напоминает планетную систему.

Разламывание частичек вещества продолжалось. Добрались физики и до атомного ядра. Оно оказалось построенным из нейтронов и протонов.

– Потрясающе, – изумлялись читатели. – А разрешите узнать, ядро тоже что-то вроде планетной системы?

– Нет, нет, – отвечали физики. – Ядро вы можете себе представить... ну, скажем, как горошинки в блюде. Понятно?

– Ну, конечно. Это же так просто, – восхищался читатель, – все совершенно ясно.

Бесперывно увеличивая мощности своих приборов, физики продолжали сталкивать частицы между собой, изучая их превращения. К середине нашего столетия накопилось уже достаточно опытных данных, чтобы можно было ответить на настойчивые вопросы любителей науки.

– А протон и нейтрон из чего построены?

– Установлено, – отвечали физики, – что протон превращается в нейтрон и позитрон.

– Очень интересно, значит протон состоит из нейтрона и позитрона?

– Одну минутку, – говорил физик, – так сказать нельзя. Видите ли, опыты показывают, что нейтрон превращается в протон и электрон.

– Как, как? Я что-то перестаю понимать. Так как же: протон – это часть нейтрона или нейтрон – это часть протона?

– Да и то и другое неверно, – сообщал физик. – Протон и нейтрон – это элементарные частицы, и особенности их характеризуются законами превращения.

– Гмм... Понимаю, – неуверенно бормочет читатель теперь уже XX века, – так-то оно, конечно, так, но не вполне ясно. Говорилось, что частица эта элементарная. А какая же она элементарная, если может превращаться? И потом протон в нейтроне, нейтрон в протоне... В общем раньше картина была ясней, а сейчас что-то не то. Дальше надо исследовать...

Пока структурные картинки могут быть нарисованы на бумаге, так называемое понимание физики достигается без малейшего труда. Иногда можно на бумаге и не рисовать, достаточно сослаться на знакомый образ (как горошинки на блюде) или на привычный факт и сказать, что и здесь дело обстоит таким же образом. И на лице слушателя появляется выражение полного удовлетворения – он все понял. Покойный наш физик Яков Ильич Френкель часто говорил: «Нет непонятого, есть непривычное». И это золотая правда.

В конце сороковых годов на меня свалилась известность публичного лектора.

– Прочитайте популярную лекцию про атомную энергию. Что это за явление? – просили меня раз за разом.

После нескольких лекций, в которых я пытался связать атомный взрыв с законом эквивалентности Эйнштейна, я понял, как трудно слушателям усваивать материал из моих объяснений. Манеру изложения пришлось изменить. Лекция начиналась с вопроса: «Все знают, что дрова при горении дают тепло?» Зал благодушно кивал головой.

– Выделение тепла – это результат химической реакции горения, – продолжал я. – Молекулы кислорода сталкиваются с молекулами топлива, старые молекулы разламываются, образуются новые.

Далее я объяснял, что новые молекулы движутся быстрее старых. И в этом все дело. Ведь тепло связано с быстротой движения молекул.

– Итак, понятно, почему горящие дрова дают тепло?

Зал удостоверял полное понимание. Как дрова горят, видел каждый, наука объяснила, что так и должно быть. Значит, все в порядке. Я шел дальше.

– Так вот, выделение атомной энергии ничем не отличается от выделения химической энергии. Только в первом примере сталкиваются молекулы, а во втором атомные ядра.

Этот обходный маневр, заключающийся в том, что я объяснял неизвестное на знакомом привычном примере, имел стопроцентный успех. Новое было сведено к обычному. Объяснялось не новое, а то, к чему привыкли, а перенос объяснения на другой предмет ссылкой на полную аналогию воспринимался как нечто само собой разумеющееся.

Но мы отклонились от темы. Речь у нас шла о том, что завоевания физиков в отношении строения вещества поддавались популяризации довольно легко, поскольку превосходно согласовались со здравым смыслом и интерпретировались при помощи простых рисунков и моделей. Подтверждением этому служит такой факт. В послевоенные годы мною была написана популярная брошюра «Строение вещества», которая разошлась чуть ли не миллионным тиражом. Редакция получала трогательные письма читателей. Одно из них было от старшей доярки колхозной фермы.

«В обеденный перерыв, дорогой профессор, – писала она, – мы читаем вашу книжечку. Все написано так ясно и отчетливо, что мы хорошо поняли, из чего построены частицы».

Значит, объяснять, как устроено вещество, было нетрудно. Совсем иначе обстоит дело с попыткой популярного разъяснения законов движения частиц. Эти законы были открыты почти сорок лет назад и привели в состояние полного замешательства своих современников. Причина состояла в том, что не существует аналогии, с помощью которой можно было бы дать представление о характере движения электрона. Нет ничего привычного, на что можно было бы сослаться.

В своих суждениях о характере движения невидимых частиц материи мы пытаемся исходить из житейского опыта. Возможности наших представлений о движении исчерпываются двумя вариантами. Первый из них – частица перемещается, как крошечная горошинка: в каждое следующее мгновение она переходит из одной точки пространства в другую. Мы уверены, что можно сфотографировать такое движение; на фотопластинке будет виден след – траектория частицы. Второй вариант – мы не видим движений отдельных частиц, а наблюдаем

перемещения сплошной среды (морские волны – превосходный пример).

До 1925 года не было сомнения, что движение материи – идет ли речь о свете, радиоволнах или электронах – может быть либо тем, либо другим. Ведь третьего варианта невозможно себе представить. И верно – представить нельзя. Но оказалось, что элементарные частицы ведут себя иногда, как горошинки, а в других случаях – как сплошная, непрерывная материя. Нельзя перенести на элементарные частицы законы движения, заимствованные из большого мира – макромира.

До 1925 года звучало аксиомой то, что описание движения частицы заключается в указании траектории, по которой она движется, и в указании скорости движения в каждой точке траектории. Однако это оказалось невозможным сделать для электрона и других элементарных частиц.

Основной закон движения элементарных частиц (не всеобъемлющий, но охватывающий очень широкий класс событий) был дан немецким физиком Эрвином Шредингером. Исходное положение новой науки, которая получила название волновой, или квантовой, механики, звучало необычно. В противоположность классической механике задание внешних сил не определяет траектории и скорости частицы. Закон новой механики позволяет вычислить лишь вероятность того или иного положения частицы.

На первый взгляд может показаться, что никаких революционных выводов физика не получила. Просто волновая механика – плохая теория и не позволяет вычислить точно механическое движение электрона. Но дело обстоит совсем не так.

Несколько позже было показано, что уравнение Шредингера дает исчерпывающее знание поведения электрона. А те данные, которые в принципе не могут быть вычислены, также в принципе не могут быть и измерены на опыте. Скажем, как только вы будете пытаться «рассматривать» электрон, вы столкнете его с траектории. Но то, что ускользает от измерения и вычисления, просто не существует на свете. Пришлось согласиться, что нет такого понятия, как траектория электрона.

Если траектории нет, то как же описать движение электрона? Оказывается, можно вычислить и измерить вероятность нахождения электрона в том месте, которое нас интересует. Если речь идет об электроном, вращающемся около ядра атома, то нельзя нарисовать орбиты, по которой он движется, зато можно заштриховать кольцевую область, внутри которой электрон может быть найден с шансами 99:1 или 999:1 (в последнем случае кольцо будет пошире).

Неопределенность, с которой мы узнаем местонахождение электрона, определяет точность, с которой может быть вычислена скорость его движения. Немецкий физик Вернер Гейзенберг показал, что произведение неопределенностей координаты частицы и соответствующей скорости равно частному от деления некоторого постоянного числа – константы Планка – на массу частицы. Поэтому, чем точнее известна скорость, тем более расплывчаты сведения о местонахождении частицы, и наоборот.

Может все же показаться, что речь идет всего-навсего о неполном описании движения электрона: траектория у него, наверное, есть, не может быть, чтобы ее не было, убеждает нас здравый смысл, просто физики еще не научились ее ни вычислять, ни измерять.

Придется привести описание схемы опыта, который покажет несостоятельность и такого мнения. Представьте себе экран с двумя щелями. На экран направлен поток электронов, часть электронов проходит через отверстия и попадает на помещенную сзади экрана фотопластинку. Делаем две фотографии: первую, закрывая одну из щелей, и вторую – когда обе щели открыты. Сопоставляя два снимка, мы на втором увидим сложную систему темных и светлых полос – будто в одни места пластинки электроны попали, а в другие нет. Для электронов, ведущих себя как горошинки, это совсем непонятно. Но дальше – хуже. Обратим внимание лишь на одну подробность: на фотографии одной щели мы можем найти такое место, куда электроны, безусловно, попали, а это же место на фотографии двух щелей оказывается не тронутым электронами. Кажется, чудо. Ведь открытие второй щели должно привести к дополнительному попаданию электронов-горошинок, но уж никак не к посветлению фотографии.

Положение дел, наблюдаемое на опыте, категорически исключает возможность представить электроны, как частицы, имеющие траекторию. Как же тогда быть? Оказывается, явление легко объясняется, если допустить мысль, что электроны – волны. Тогда гребень одной

волны, приходя на впадину другой, может привести к нулевому результату, хотя при действии порознь обе волны вызывают определенный эффект.

Приходится согласиться с тем, что представление об электроне, как о частице с траекторией (и то же самое относится к другим элементарным частицам), противоречит опыту.

На вопрос – в какой мере и в каких опытах электрон проявляет то свои волновые свойства, то сходство с горошинкой – исчерпывающе отвечает уравнение Шредингера.

Огромное количество экспериментальных фактов большой сложности объясняет это уравнение. С его помощью предсказываются сложнейшие события в жизни элементарных частиц. Ни один из физиков не сомневается в справедливости этого закона природы.

Закон квантовой механики возводит волновокорпускулярный дуализм частицы в ранг аксиомы. Правда, следует помнить, что мы говорили о временном характере научного потолка. Вполне возможно, что сегодняшние аксиомы окажутся следствиями еще не найденных более общих законов природы.

Один остроумный довод в пользу того, что закон волновой механики является временным потолком, если не ошибаюсь, принадлежит виднейшему физiku современности англичанину Полю Дираку.

Три фундаментальные константы входят в основные законы, управляющие поведением элементарных частиц, – это скорость света, заряд электрона и постоянная Планка, о которой недавно была речь. Если помножить постоянную Планка на скорость света и разделить на квадрат заряда электрона, то получится безразмерное число 137. (Безразмерное – значит не зависящее от выбора единиц измерения.) Почему это отношение равно именно 137, а не какому-либо другому числу? Будущая теория должна дать ответ на этот вопрос. Но если она это сделает, то вместо трех фундаментальных констант их окажется две. Теория, которую мы ждем с нетерпением, должна автоматически вывести значение одной из них через две Другие.

Представляется наиболее логичным, что этой третьей, производной константой явится постоянная Планка (я опускаю аргументацию, которая в общем является довольно произвольной). Но постоянная Планка, определяя ту предельную точность, с которой могут быть одновременно установлены координата и скорость частицы, лежит в основе принципа неопределенностей. Вывод из этого рассуждения таков: будущая теория обойдется без принципа Гейзенберга, а значит, изменит наше понимание волновокорпускулярного дуализма.

Четверть века назад представлялось, что этот шаг в прогрессе физической теории не заставит себя ждать. Развитие науки не оправдало этих ожиданий. Новая интерпретация движения элементарных частиц все еще ждет своего автора.

Но будет или не будет волновокорпускулярный дуализм объяснен, то есть окажется ли он или не окажется следствием более общих законов природы, все равно зрительное представление движения элементарных частиц невозможно.

Это обстоятельство казалось совершенно невыносимым зрелым физикам, воспитанным на идеях XIX века. Чтобы представить их, так сказать, моральное состояние, любопытно перелистать некоторые страницы дополнительного тома «Курса физики» Ореста Даниловича Хвольсона. Этот том Хвольсоном написан незадолго до своей смерти и вышел в свет в начале тридцатых годов. Пять толстых томов «Курса физики» Хвольсона просматриваются сейчас только теми, кто интересуется старой физикой. Изданные в начале двадцатых годов, они давали исчерпывающее представление о теоретической и экспериментальной физике, созданной XIX веком. Материал излагается строгим научным языком. Физические явления толкуются с единых позиций: механическое движение частиц и непрерывность среды объясняют все физические явления. Конечно, были и неясности, но они представлялись несущественными, временными; в общем это были мелочи.

Замечательный педагог и популяризатор физики Хвольсон не мог остаться равнодушным к рождению новых физических идей. Он понимал, что здание физики должно быть перестроено. Писать весь «Курс физики» заново ему не под силу, и он пишет книгу, посвященную бурным событиям последнего десятилетия. Но как отлична эта книга от предыдущих томов, куда делся спокойный, торжественный тон и убежденная уверенность в незыблемости основных принципов физической науки! Приведу несколько цитат, чтобы дать представление о том глубоком потрясении, которое испытали современники открытия

механики малых частиц.

Хвольсон пишет, что при изложении микромеханики он сталкивается с колоссальными трудностями, «...причем термин „трудность“ мы откровенно могли бы заменить словом „невозможность“. Наибольшее затруднение лежит „в отвлеченности основных понятий и величин, которыми орудует новая наука“. И далее: „Беспощадно уничтожаются считавшиеся до сих пор неопровержимыми основы не только науки, но отчасти и научного мышления вообще вплоть до основного закона причинности, без которого, казалось бы, никакое научное построение немислимо. Отрицается право строить объяснение наблюдаемых нами явлений на определенных, ясно сформулированных гипотезах о закулисных, непосредственному наблюдению недоступных первоисточниках этих явлений. Возводится в догмат новая мысль, что наука должна иметь дело исключительно только с такими величинами, которые могут быть наблюдаемы и измерены“.

Все это положение кажется Хвольсону временным: „...придет время – туман рассеется, и истина обнаружится во всей ее глубине и красоте“.

Несмотря на то, что справедливость законов волновой механики была сразу же признана и область ее применений начала расширяться с поразительной быстротой, отказ от возможностей зрительного представления движения электронов и других частиц продолжал волновать физиков.

Но подрастало новое поколение физиков, которым не пришлось переучиваться. Оказалось, что аксиомы, касающиеся движения микрочастиц, они воспринимают без всякого внутреннего сопротивления. Напротив, молодежь недоумевала: что странного находят „старички“ в том, что явление, протекающее на уровне невообразимо крошечных частиц, протекает совсем не так, как события, наблюдаемые нами непосредственно в мире больших вещей?

Постепенно укреплялось мнение, что основная роль физической теории заключается в том, чтобы связывать между собой явления. Мало кто задумывался над возможностью подыскания моделей для описания „вещей в себе“, то есть таких событий, которые в принципе не обнаруживаются на опыте. Обострилось критическое отношение к бессодержательным утверждениям, не допускающим экспериментальной проверки. Создавалась уверенность, что путь к истине лежит через установление исчерпывающей взаимосвязи между явлениями.

Разумеется, это не значит, что модельное мышление было скинуто со счетов. Напротив, вошел в обиход ряд наглядных способов изображения явлений. Но новые модели преследовали лишь одну цель – облегчить мышление по аналогии. Скажем, типичным является теперь использование различных объемных конструкций, которые отражают поведение частицы не в нашем обычном пространстве, а в условном, осями которого служат скорости движения частиц. Это уже совсем другое дело.

Но между старой и новой механикой нет непреодолимой пропасти. Одна из них плавно переходит в другую. По мере утяжеления частицы ее зрительный образ начинает просвечиваться все яснее через лес математических формул. Ведь согласно принципу Гейзенберга неопределенности тем меньше, чем больше масса частицы.

Отказ от моделирования движения электрона не означает невозможности модельного представления формы и размеров, а также движения атомов и молекул. Поведение молекул мы имеем право описывать совершенно так же, как поведение видимых тел.

Впрочем, исключительные успехи электронной микроскопии позволили разглядеть крупные молекулы.

## Глава 9 Сегодняшний день

*...где автор рассказывает о том, каким ему представляется строй мыслей своих коллег. Попутно читатель узнает, как автор относится к телепатии.*

Обсуждая способности некоего Иванова к научной работе, кто-нибудь скажет с

одобрением: «Настоящий ученый, ясное физическое мышление», или с порицанием: «Да у него в голове „кабак“, не способен физически мыслить».

Отсутствие физического мышления рассматривается как дефект, когда речь идет о естествоиспытателе. В других же случаях отсутствие физического мышления сыграло бы не большую роль, чем отсутствие музыкального слуха в спортивных успехах, скажем, Валерия Брумеля или Лидии Скобликовой. Поэтому можно услышать и такие характеристики: «Да у него великолепные способности, богатейшая интуиция, это талантливый технолог. Физически мыслить не умеет и не любит, но чудная память и неповторимая природная интуиция позволяют ему делать совершенно замечательные находки».

Или – это уже в другом кругу: «Да какой он физик, он математик чистой воды. Работы его как брюссельское кружево – бездна тонкости и изящества. Но физическое мышление ему чуждо».

Что же это за строй мыслей хорошего естествоиспытателя, который называют физическим мышлением? Мы будем говорить о нашем современнике. Я надеюсь, что чтение предыдущих глав дало читателю некоторое представление об исторической изменчивости научного мышления.

«Типичный физик» – так я назову фигуру, олицетворяющую для меня каноны физического мышления, – начинает свою деятельность с внимательного анализа фактов. Прежде всего он ставит перед собой вопрос: можно ли наблюдать явление повторно, можно ли его воспроизводить. Это необходимое условие, чтобы к делу отнестись серьезно.

Единичный факт может быть предметом светской болтовни, но не отправной позицией для научного исследования. Характерен в этом смысле пример телепатии, к которой в последнее время оживился интерес. Занятно, что людям, далеким от науки, очень хочется поверить в возможность передачи мыслей на расстояние. Сколько темпераментных «доказательств» приходится физикам услышать от своих знакомых, в особенности от женщин. «Она увидела сон, что сыну плохо. Проснулась и посмотрела на часы. А через неделю получила письмо, в этот день и час у сына был сердечный припадок. Ну, как же после этого не верить в передачу мыслей?» Ученый-"сухарь" слушает милую даму, вежливо улыбается, мало скрывая, что интерес его вызван собеседницей, а не предметом разговора. Дама восклицает в конце концов в сердцах:

– Невыносимый вы человек, почему вы не интересуетесь такими вещами? Значит, наука бессильна объяснить эти чудеса?

Физик переводит разговор на другие темы: даме было бы скучно слушать его ответ.

Когда мне рассказывают про всякие чудеса этого рода, я отвечаю примерно так:

– Если вы хотите, чтобы естествоиспытатель серьезно занялся такой проблемой, то вы прежде всего должны показать ему возможность повторения простого опыта. Ну, например, пусть сто человек по очереди предстанут перед пронзительными очами угадывателя мыслей и будут мысленно твердить свое имя, отчество и фамилию. Если отгадчик не ошибется хоть раз и у меня будет уверенность, что спектакль не был подстроен, я немедленно организую еще сто экспериментов такого же типа. Если только будет доказано, что систематически хоть в одном случае из ста удастся отгадать чужие мысли, тогда этой проблемой займется естествознание.

Впрочем, «передовая» часть современных телепатов и стремится поступать таким образом, понимая, что иным способом не завоеешь внимания серьезного читателя. Однако многочисленные сообщения об успехах, полученных на этом пути, не выдерживают серьезной проверки. Этого и следовало ожидать, так как передача мыслей на расстоянии противоречит основным законам природы и наука о телепатии обладает всеми приметами лженауки, о которых мы скажем ниже.

Итак, для включения в ход физического мышления требуется повторяющееся или воспроизводимое явление. Наблюдение показывает, что при таких-то условиях обязательно совершается то-то и то-то. Впрочем, не обязательно, чтобы обязательно. Наблюдение может показать, что явление осуществляется в данных условиях с определенной вероятностью. Этого тоже достаточно, чтобы быть уверенным в необходимости научного подхода. Кстати, нелишне сказать, что значит «с определенной вероятностью».

Чтобы вынести суждение о том, что явление происходит с «определенной вероятностью»,

и чтобы найти ее, вычислить, чему она равна, надо очень много раз повторять опыт. Положим, вы проделали опыт 10 раз и в 3 случаях из 10 обнаружили характерное явление. Не торопитесь утверждать, что вероятность события  $3/10$ . Продолжайте измерения. Вполне возможно, что в следующих 10 опытах явление появится 2 раза, еще в следующих – 5 раз. Будут и такие десятки опытов, в которых явление не обнаружится ни разу. Чтобы убедиться в том, что явление возникает с определенной вероятностью, надо подсчитать, сколько раз оно появляется в 100 опытах, в 1000, в 10 000. Если ясно, что по мере увеличения числа экспериментов доля удачных стремится к пределу, то тогда действительно есть уверенность, что событие имеет определенную вероятность появления, как раз равную этому пределу.

Как видите, не так просто судить о вероятности, и наш «типичный физик» никогда не позволит себе делать заключения о вероятности события на основе единичных наблюдений, остерегаясь попасть впросак.

Выгляньте из окна и посмотрите, кто первый пройдет под вашим окном – мужчина или женщина? Чему равна вероятность того, что это будет мужчина? Скорее всего около  $1/2$ . А как проверить? Очевидно, надо подсчитать, сколько будет мужчин среди, ну, скажем, первых двадцати прохожих (казалось бы, вполне достаточно). Выглядываем из окна и отсчитываем девятнадцать спортсменов, бодро шагающих на тренировку под командованием единственного мужчины-тренера. Вот и вычислили вероятность!

Временные посторонние помехи могут исказить заключения о явлении. Об этом помнит «типичный физик» и не торопится выносить заключения о вероятности явления. Забвение этого правила не раз приводило к грустным последствиям – ложным «открытиям», – которые публиковались в печати, нередко были высоко оценены, а затем...

Но вот научный факт установлен, и теперь исследователь задумывается над тем, как бы яснее и четче его описать. Этот шаг требует придумывания строгих и точных количественных понятий, позволяющих удобно описывать явление. Разумеется, мы стремимся выбрать эти понятия так, чтобы они были попроще. Ни у кого не было сомнений в выборе понятия скорости для характеристики быстроты движения. Условились измерять скорость числом метров, пройденных телом за секунду, хотя, конечно, можно назвать скоростью и квадрат и корень квадратный из этого числа метров. Ввести в обиход новую физическую величину – это значит указать измерительную процедуру, позволяющую охарактеризовать явление числом.

Разрешите проиллюстрировать эту тяжелую фразу на шутовском примере.

Представьте себе нашего «типичного физика» в лаборатории педагогики. Его знакомят с постановкой исследовательских работ сотрудника лаборатории.

– Здесь мы занимаемся, – рассказывают физику, – исследованием терпения у детей младших классов. Смотрим, как это свойство зависит от воспитания, от быта в семье, от наследственности.

– Очень интересно! А чем вы характеризуете терпение ребенка? – спрашивает он.

– То есть как, – удивляется педагог, – мы его расспрашиваем, узнаем от родителей и учителей, как он ведет себя в разных условиях. На основании расспросов определяем: терпеливый ребенок или нет.

– Я бы не так поступал, – заявляет физик.

– А как?

– Гмм... Что бы это взять за меру? Ну, да вы сами потом подумайте, а я только для примера. Скажем, так. Дайте ребенку коробку спичек скверного качества, просите зажечь спичку. А она не зажигается. Первая, вторая, третья... В конце концов и ангел взорвется, бросит коробку в сторону, чертыхнется, что ли. Вот на какой спичке это произойдет, это число и примите за характеристику терпеливости. Ну, что-нибудь в таком роде. А то что же это за исследование, в котором характеристика явления не имеет меры?

Растерянный педагог обещает подумать. Физик уходит домой в полной уверенности, что пришло время физическому мышлению забраться в дебри педагогики.

После того как количественные меры явлений выбраны, начинается экспериментальное исследование. По сути дела, любая работа естествоиспытателя заключается в поиске зависимостей и корреляций связей между разными понятиями, которыми описываются явление и среда, где разыгрывается явление. Как электропроводность зависит от материала, от

давления, от температуры, как связана теплоемкость тела с его способностью рассеивать рентгеновы лучи, как зависит скорость такой-то химической реакции от растворителя, от температуры, от освещения; как сказываются на биотоках мозга звуки разной силы и тональности; как угол наклона магнитной стрелки зависит от широты и долготы места измерения... Все естествознание может быть изложено в виде списка таких вопросов и ответов на них.

Я описал характерные черты физического мышления, как они проявляются в экспериментальном исследовании природы. Теперь обратимся к теории.

Факты не лезут ни в какие ворота, непонятны с точки зрения существующих представлений или – еще интереснее – находятся с ними в противоречии.

Теоретик удовлетворенно потирает руки и приступает к работе. Найти разгадку этих явлений – значит вознести науку на новую ступень. Что может быть важнее? Известные аксиомы и гипотезы оказались бессильными – значит нужны новые обобщения. И они могут быть как угодно смелыми, сколь угодно сумасшедшими. Они должны разрушить привычные представления, раздражать своей неожиданностью. В шутовском замечании Бора, сделанном по поводу новой попытки Гейзенберга объяснить свойства элементарных частиц, что «теория недостаточно сумасшедшая, чтобы быть верной», заключена, несомненно, верная мысль: принципиальный скачок невозможен без решительной ломки старого.

Никто из современных физиков не станет теперь встречать в штыки новую теорию лишь потому, что она противоречит каким бы то ни было установившимся точкам зрения; никто не станет прибегать и к аргументам философского порядка. Закон сохранения энергии является краеугольным камнем современного естествознания, но если бы поднялась рука на эту основу основ, то и такая теория подверглась бы строгому обсуждению, а не была бы отвергнута лишь потому, что «этого не может быть». Опыт XX столетия научил естествоиспытателей самому главному – не пытаться новые идеи засовывать в старые рамки.

Однако это совсем не значит, что любая новая теория, зачеркивающая все, что было до нее, заслуживает внимания. Прежние достижения должны оставаться не тронутыми новой гипотезой. Они слишком значительны, чтобы быть случайными. И новая сумасшедшая теория должна переходить в нормальную, привычную, когда мы попытаемся приложить ее к явлениям, которые превосходно подчинялись старым аксиомам. Этому нас также научило XX столетие.

И теория относительности и квантовая механика были сформулированы как обобщения. Старая классическая механика Ньютона оказалась их частным случаем. Теория относительности превращалась в привычную механику при малых скоростях движения, квантовая механика переходила в нее же для частиц достаточно большого веса. Преемственность – обязательный признак научной теории.

Каждый серьезный исследователь прежде всего озабочен тем, чтобы то новое, что он собирает внести в науку, не нарушило гармонии тех областей, где наука превосходно обходилась без его помощи. Каждый лжеученый озабочен прежде всего тем, чтобы разрушить старое.

Для литераторов бедствием являются графоманы. Они шлют свои романы и стихи в газеты и журналы, требуют внимания, отзывчивости и признания. Не получая отклика, засыпают редакции жалобами. Похожая напасть есть и в мире науки. Это авторы новейших теорий строения атома, изобретатели перпетуум-мобиле, открыватели мирового эфира с универсальными свойствами.

Даже в том случае, когда автор новой системы знания достаточно образован и язык его писаний вполне наукообразен, лженаучный характер теории выявляется сразу же. Особенность представителя лженауки – будь он сумасшедший, невежда или жулик – состоит в том, что он обязательно начинает с ниспровержения всех основ.

Как правило, лжеученый, бодро размахивая косой, чтобы очистить путь своим откровениям, не замечает простой логической ошибки. Его новая теория обосновывается аргументами, заимствованными из существующих теорий. Так поступает, например, изобретатель вечных двигателей. Сложнейшая машина, действующая на первый взгляд вполне безупречно, построена по законам механики. А ему и невдомек, что из этих же законов, со строжайшей логикой, следует невозможность этой самой машины.

Итак, от новой теории требуется, чтобы она включала в себя старые представления как частный случай и чтобы ее новизна оправдывала бы себя при объяснении доселе непонятных явлений. Но и этого мало. За то, что мы соглашаемся признать самые сумасшедшие предположения автора, мы требуем от него, чтобы он предсказал новые явления, которые еще не наблюдались. И новая теория приобретает признание только в том случае, если эти предсказания подтверждаются. Тогда и только тогда начинается пересмотр сложившихся представлений, и новые взгляды приходят на смену старым.

Разумеется, роль теории в естествознании не сводится только к нахождению новых законов природы. Перед теоретическим естествознанием стоят, кроме этого, задачи доведения общих законов природы, так сказать, до станка. Действительно, в огромном числе случаев у нас нет основания сомневаться, что явление происходит в полном согласии с уже известными законами природы. Но тем не менее закономерности явления требуют объяснения. В этом случае речь идет о выводе частной закономерности из общего закона. Чтобы это сделать, надо разумно упростить явление (только так, чтобы не выплеснуть с водой и ребенка) и строгим дедуктивным математическим рассуждением показать, какие зависимости являются следствиями известных общих законов.

Особенности физического мышления проявляются здесь как в самом решении задачи, так и в постановке задачи. Дело в том, что не всякий теоретический расчет целесообразен. Теория может рассчитать результат конкретного опыта. Скажем, можно поставить задачу теоретически вычислить плотность воды. Несколько месяцев работы, и вы получите результат – плотность воды с точностью пять процентов равна единице. Но измерить плотность воды можно за несколько минут, и при этом с точностью в тысячные доли процента. Спрашивается, зачем надо было считать!

Но вот вычислить угол наклона ракеты, чтобы она попала в заданное место, явно целесообразно. Установить этот угол наклона опытным путем (то есть запустив под разными углами тысячу ракет и выбрав один нужный) стоило бы слишком дорого.

То же самое касается теоретического расчета зависимостей, имеющих частное значение. Например, можно рассчитать, как зависит давление паров бензола от температуры. Но результаты этого очень сложного расчета не помогут в предсказании поведения паров других веществ. Если так, то проще произвести измерения.

Короче, физика ценит теоретические вычисления, если их результатом окажутся достаточно общие закономерности, охватывающие широкий круг явлений, а исчерпывающее опытное описание этого круга явлений будет занимать несоизмеримо большое время. Только тогда игра стоит свеч.

Казалось бы, довольно ясные вещи. Но, к сожалению, эти правила часто нарушаются естествоиспытателями, правда, теми, кому чуждо физическое мышление...

До сих пор речь шла об архитектурном стиле научных исследований. Теперь стоит сказать несколько слов о том, как обстоят дела строительства фундамента естествознания.

Можно без труда выделить завершённые постройки. Это прежде всего механика, которая умеет безошибочно и с величайшей точностью предсказывать движения тел, если известны действующие на них силы. Это электродинамика, позволяющая рассчитывать электромагнитные поля, если заданы создающие их электрические заряды и токи. Один из красивейших разделов естествознания – статистическая физика командует поведением газов, жидкостей и твердых тел, меняющих свои свойства под влиянием внешних условий. Поведение атомных ядер и электронов с успехом предсказывается квантовой механикой.

Все эти области физики похожи до некоторой степени на евклидову геометрию: несколько аксиом, и далее строгое дедуктивное изложение, логический вывод бесчисленных следствий, подтверждаемых опытом с той точностью, с которой удалось произвести теоретическое вычисление.

В ряде случаев исходные аксиомы настолько просты, что без труда верится, что это истины в последней инстанции. Так, например, можно показать, что три кита, на которых покоится механика, – закон сохранения энергии, закон сохранения поступательного импульса и закон сохранения вращательного импульса – сводятся к утверждению о равноправности разных мест и направлений пространства.

Однако далеко не все исходные аксиомы науки столь просты. А обязаны ли они быть простыми? Кто может на это ответить? Поль Дирак полагает, что основные аксиомы могут быть и непростыми, но обязательно должны выделяться математическим изяществом и красотой.

Эстетический критерий при обсуждении математических формул?

Да. Оценка уравнений и вычислений как красивых, изящных или, напротив, неуклюжих, громоздких очень распространена среди физиков.

Закон всемирного тяготения Ньютона, несомненно, красивый закон. Вы не согласны со мной? Вы не видите в этой записи ничего красивого?

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Но подумайте, сколь эта запись симметрична и проста; именно в симметрии и простоте и заключена красота закона. Представьте себе, что кто-нибудь предложил бы закон тяготения, в котором знаменателем формулы служил бы не квадрат расстояния, а расстояние в степени девять вторых, а в числителе стояло бы не произведение масс, а, скажем, корень квадратный из суммы масс. Некрасивая, неприятная формула. Сомнение в ее справедливости возникло бы сразу, она раздражала бы нас с чисто эстетических позиций.

Читатель, вероятно, скажет, что автор шутит. Почему природа любит красивые уравнения?

Не знаю. Вероятно, господь бог Природа – хороший математик. Ведь все фундаментальные уравнения современной физики, бесспорно, выдерживают эстетический критерий. Можете мне поверить, что изящество и простота математического представления законов электродинамики (уравнения Максвелла) доставляют физику эмоциональное волнение, хотя источником его принято считать лишь произведения искусства.

Но если аксиомы завершенных областей физики так красивы, как утверждает автор, то значит ли, что на них физика может успокоиться? Нет, совсем нет. Об этом свидетельствуют упорные поиски Эйнштейном единой теории поля. Насколько выиграла бы наша система аксиом, если бы удалось их представить как следствия единого закона природы! Поискам такого уравнения, из которого выводились бы и законы механики и законы электродинамики, Эйнштейн посвятил последние десятки лет своей жизни. Увы, титанический труд оказался безуспешным! Будет ли найдена такая генерал-аксиома, покажет будущее.

Надо признаться, что вопрос объединения механики и учения об электричестве волнует физиков несравненно меньше, чем теория элементарных частиц. В конце концов механика и электродинамика (пусть даже не подведенные под одну крышу) представляют собой образец законченности. Проблемы сегодняшнего дня, связанные с этими дисциплинами, могут быть переданы в руки прикладников и математиков-вычислителей. Что же касается учения об элементарных частицах, бурно развивающегося на наших глазах и приносящего что ни год, то все новые поразительные открытия, то оно представляется лишь как собрание обрывочных понятий, а не образец стройной теории. Думается, что мы вправе ожидать, что именно здесь, из хаоса новых экспериментальных данных о поведении мельчайших частиц материи, должна вырасти новая теория, которая, может быть, соединит в одно целое не только механику с электродинамикой, но и приведет нас к единому закону всего естествознания.

Поэтому сегодня усилия многих ученых направлены на создание теории в той области, где ее нет, то есть в области движения элементарных частиц со скоростями, близкими к скоростям света. Ведь квантовая механика Шредингера не работает здесь потому, что частицы очень быстрые, а теория относительности Эйнштейна не работает по той причине, что частицы очень легкие.

Пока успехи в этом направлении невелики. Но и задача не из легких! Будущей теории придется объяснить, почему элементарных частиц столько, сколько их наблюдается на опыте; почему они обладают такой массой, а не иной; почему заряды частиц равны заряду электрона или отличаются от этого заряда лишь знаком, а не произвольны и т. д. Короче говоря, объяснить надо, почему мир элементарных частиц построен именно так, а не как-нибудь иначе. Должно же это следовать из какого-то общего единого закона природы!

Ищут этот закон исследователи математического склада ума, составляя уравнения, как можно более изящные и красивые. Ищут его физики, не признающие ведущей роли эстетических позиций, а стремящиеся добиться успеха, пропуская через сито теоретического анализа груды экспериментальных фактов, которые добываются во всех странах мира с помощью фантастически громадных и не менее фантастически дорогих мощнейших ускорителей. Игра стоит свеч – речь идет об открытии великого закона природы, закона, который должен привести к новой революции наших взглядов на мир.

## Глава 10 Химия

*...здесь автор подкапывается под своих друзей-химиков и пытается посягнуть на существенную часть их деятельности. Автор объясняет, что химики должны изготавливать как можно больше всяких хороших вещей.*

Автор просит разрешение начать главу с самого обыденного примера – домашнего химического опыта за обеденным столом.

Белый кусочек сахара, опущенный в стакан горячего чая, исчезает на наших глазах. Он распадается на молекулы – мельчайшие представители вещества. Молекула сахара построена из атомов трех сортов – углерода, кислорода и водорода. Расположены они в определенной пространственной последовательности, которую с некоторым трудом можно изобразить на рисунке. Из тех же атомов природа способна создать другую постройку. Это уже будут молекулы другого вещества, не только по вкусу, но и по всем другим свойствам непохожего на сахар.

Однако не всякая постройка атомов возможна.

Дело в том, что атомы обладают определенной валентностью. Валентность – это число, показывающее, со сколькими другими атомами может наш атом соединиться крепкими (их называют химическими) связями. От атома углерода можно провести четыре черточки – он четырехвалентен, от кислорода две, от водорода одну.

Свобода ограничена, но тем не менее возможности для постройки разных молекул из одного из того же набора атомов (такие молекулы называются изомерами) колоссальны. Можно подсчитать, что, скажем, молекула, состоящая из 20 атомов углерода, может быть сконструирована примерно полумиллионом способов. Иными словами, существует столько совершенно разных веществ, имеющих одинаковый атомный состав.

Если вспомнить, что атомов в природе не два, а около сотни, то бесконечное разнообразие молекул станет очевидным.

В природе редко встречаются вещества, построенные из молекул одного сорта; большей частью мы имеем дело со смесями. Одна из задач химии – исследовать молекулярный состав таких смесей и разделять их на чистые вещества, построенные из молекул одного сорта.

Но все же главная задача химии – это делать новые вещества, такие, которых в природе не встречается или их мало.

Возможность изготовления новых веществ основывается, например, на том, что в ряде случаев двум столкнувшимся молекулам выгодно разломаться и перестроиться. Прибегнем к спасительной аналогии: встречаются два человека – маленький, в пиджаке до пят, и высокий, в кургузом сюртучке, с трудом натянутом на плечи. Ясно, что им есть резон обменяться пиджаками и мирно разойтись. И выгода в перестройке столкнувшихся молекул заключается в том, что в новых молекулярных конструкциях атомам удастся расположиться поудобнее.

Смешивая молекулы разных сортов и заставляя их сталкиваться, химики фабрикуют новые молекулы, а значит, готовят новые вещества. Способов их изготовления много. Можно смешивать газы или жидкости; можно растворять вещества в общем растворителе.

Изготовление новых молекул пошло быстрым ходом уже в XIX веке, а к сегодняшнему дню химики создали около миллиона веществ. Разумеется, лишь совершенно ничтожная их доля пошла в практическое употребление. Но проделанную работу никак нельзя назвать

напрасной. Получая новые вещества, химики одновременно находили правила их перестройки и устанавливали наилучшие и кратчайшие пути для образования молекулы, архитектура которой была заранее задумана.

Умение химиков ориентироваться в путях, которыми можно разрушить молекулу по вполне определенным связям и, наоборот, связать куски молекул вполне определенным образом, совершенно поразительное для неспециалиста. Мне неоднократно приходилось задавать химику вопрос, а можно ли соединить атомы таким-то способом. Минута размышления, и следовал ответ: да, это нетрудно сделать в две-три стадии, или: можно, но это трудный синтез. Редко оказывалось, что путь к получению задуманной конструкции еще неясен.

Задача химика осложняется еще и тем, что мало получить новое вещество, надо еще доказать, что полученное имеет задуманную структуру. У меня создалось представление, что на эту цель серьезный химик тратит больше времени, чем на получение вещества. А доказываемое строение тоже химическими способами. Обычно проводится такое рассуждение: если предполагаемое строение верно, то при смешении с таким-то веществом должно получиться то-то; если этого не случилось, то вещество иное. И таких проверок делается не одна, а несколько. Лишь после длительной и строгой проверки можно сообщить в научный журнал, что к миллиону веществ, записанных в справочнике, прибавилось еще одно – новое, миллион первое.

Большая часть химиков работает над изучением закономерностей химических реакций. Но есть исследователи, принадлежащие к отряду прикладников. Как правило, они становятся за лабораторные столы для производства ряда синтезов, среди которых надеются найти интересные для практики вещества. Прикладная химия решает, кроме того, задачу очистки веществ и разрабатывает наиболее дешевые пути синтеза.

Успех химии еще в большей степени, чем в какой-либо другой области знания, совершенно немыслим без систематической работы химиков-прикладников. Дело в том, что теория не дает еще способа предугадать, какая молекула нужна для создания материала, выдающегося по своим свойствам. Поэтому интересные находки оказываются на пути движения химиков-практиков.

Успехи химии за последние десятилетия чрезвычайно внушительны. Достаточно назвать искусственный каучук и синтетические волокна. А фармацевтическая промышленность? Поразительные лекарства, революционизировавшие медицину, – результат огромной работы химиков-синтетиков.

Тенденция замены естественных материалов искусственными усиливается. Пока что химия начала нас одевать и обувать, но недалеко будущее, когда она начнет вытеснять с обеденных столов натуральные бифштексы, заменив их, может быть, менее вкусными (на первых порах!) изделиями из нефтяных продуктов.

Партийные решения последних лет поставили перед советским народом ответственную задачу – интенсивнее развивать химию и химическую промышленность. В ряде случаев для этого достаточно увеличить выпуск продукции, вырабатываемой по известным технологическим прописям. Но это не все; мысли о новых крепких искусственных нитях, об эффективных удобрениях, о веществах, как можно более вредных для насекомых и в то же время безопасных для полезных животных и человека, должны овладевать умами советских химиков. Наша химия обязана выходить на передний край мировой науки. А чтобы оказаться впереди, недостаточно развивать лишь химическую технологию, нужно уделить внимание и синтетической химии. А ее успех во второй половине XX века немыслим без развития всего естествознания.

До последних двух-трех десятилетий химия была замкнутой областью естествознания, обладающей своими методами и эмпирическими правилами. Но вот рванулась вперед физика. Она завоевала новые позиции, установив правила построения молекул и атомов и законы движения и взаимодействия атомов и электронов. Эти правила и законы не могли не начать свое проникновение в химию.

Прежде всего стало очевидным, что нет никаких особых химических законов и не существует какой-то химической материи. Общие законы движения и взаимодействия атомов и

электронов должны определять свойства вещества и управлять процессами разрушения и созидания молекул в процессе химической реакции. А если так, то эмпирические правила, накопленные химиками, должны иметь общее объяснение, должны быть частными случаями, вытекающими из общих законов природы. Значит, надо подвести под химию общий физический фундамент.

Работа эта началась лет тридцать назад, сейчас она в самом разгаре и уже приносит ощутимые результаты.

Теоретические проблемы химии очень сложны. Посудите сами. Одна молекула, сталкиваясь с другой, может нанести ей удар с тыла, фронта или флангов. И от этого соударения результат химического процесса может быть различным. В этом состоит первая сложность.

Перестройка молекул может произойти не в одну, а в несколько стадий. Значит, рассмотреть надо не только столкновение исходных молекул, но и встречи промежуточных осколков. Такова вторая сложность.

Разрушение молекулы или ее осколков может происходить по-разному: молекула может разломиться так, что с одного осколка на другой перейдет лишний электрон, а возможно, этого и не произойдет. Вот вам третья сложность.

И даже если предположить, что все сказанное известно, то и тогда математически рассчитать результат встречи, пользуясь законами движения электронов, практически невозможно. Короче, мы не умеем предсказывать результат химической реакции на основе общих законов природы, хотя ни на секунду не сомневаемся, что все происходит в строгом согласии с ними.

Ну, а как добиться хотя бы частичных успехов? Достигаются они на двух путях. Первый – это поиски эмпирических закономерностей, связывающих химическое поведение молекулы с ее структурой (структуры молекул определяются физическими методами исследования). Эмпирическую закономерность строго вывести мы не можем. Устанавливается она чисто опытным путем. Какой же толк от нее? А вот какой.

Представьте себе, что вас интересует класс веществ из 10 000 представителей и вы выбрали из них 100. Для этой сотни вы устанавливаете эмпирическое правило и говорите: в 100 случаях оно выполнялось без исключения, и хотя абсолютно ручаться нельзя, но считается крайне невероятным, чтобы это правило не выполнялось для остальных 9900 соединений.

Большей частью так оно и бывает, а если и находятся исключения, то они наталкивают на необходимость более глубокого изучения этого правила.

Разумеется, поиск эмпирических закономерностей требует широкого и систематического исследования.

Второй путь – это создание грубых моделей молекулы, а уже по моделям можно рассчитать если не весь процесс реакции, то какие-нибудь его этапы; не все свойства, а хотя бы какое-нибудь одно. Приведем пример одного из достижений физического подхода к химии. Физики научились измерять размеры атомов, следовательно, молекулу можно изобразить объемной моделью. На ней хорошо видно, как некоторые атомы оказались запрятанными в середину молекулы и к ним невозможно подобраться. Если для проведения реакции химику надо подвести к запрятанному атому какой-либо атом другой молекулы, то он уже заранее будет знать, что такая попытка напрасна. А это уже предсказание. И пусть оно говорит о невозможности задуманного пути реакции, все равно оно очень ценно. Конечно, это лишь частичный успех теории, так как химический процесс зависит не только от положения атомов в молекуле, но и от многих других причин, и геометрия молекулы лишь один из определяющих факторов.

Другой пример успеха – это возможность предсказания цветности вещества. Химики, синтезирующие красящие вещества, пользуются общими закономерностями, которые связывают цветность с наличием в молекуле определенных атомных группировок. А это тоже неплохое достижение.

Химики, занимающиеся теорией, называют себя обычно физико-химиками. С моей точки зрения, они просто физики, но заняты изучением химических процессов. Ведь работают они физическими методами, исходят в своих построениях из законов физики, мыслят и рассуждают

совершенно так же, как и физики, не интересующиеся химическими превращениями.

В общем, конечно, не в названии дело, но мне все время хочется зачислить всех работающих над подведением фундамента под естествознание в одну дивизию.

Отсутствие совершенной теории создает благоприятную почву для всевозможных «уклонов», вредных для науки.

Появляется категория практиков-скептиков, которые заявляют: лишнее все это, и без теории справляемся; надо делать новые вещества и внедрять их в практику – вот и вся задача.

Этот уклон порожден прежде всего самоуверенной невежественностью. Если внимательно проследить за последними успехами химии, то можно смело сказать, что ряд новых интереснейших материалов не мог бы быть создан без достижений теоретической химии. Также безоговорочно можно утверждать, что скорость работы по синтезу новых веществ существенно упала бы, если бы химики не пользовались в выборе оптимальных путей синтеза разработанными теоретическими представлениями.

В Киеве мне рассказали о двух институтах, занятых разработкой схожих проблем. Один работал успешно, другой – плохо. Директор хорошего института предоставил более чем половине сотрудников заниматься теоретическими проблемами. К отличным результатам привело влияние этой половины на своих собратьев-синтетиков. Работа института проходила, как говорится, на высоком теоретическом уровне. Второй директор принадлежал к скептикам-практикам, теорией в институте не занимались. Отсутствие внимания к теории резко отрицательно сказалось на успехе практической работы.

Другая опасность – это зарождение ложных теорий, авторы которых отмахиваются от достижений теоретической науки, не желают понять, что физика является общим фундаментом естествознания.

Такой доморощенный теоретик отличается от изобретателей вечных двигателей, о которых шла речь в предыдущей главе, лишь в одном отношении: обычно он хороший синтетик или технолог и совсем недурно знает свое дело, он легко оперирует химическими уравнениями, и практическое знание реакций помогает ему подыскивать примеры для иллюстрации своей теории. Выглядит такая теория весьма наукообразно – в ней новые термины, эффектные символы, мудреные и темные фразы. Изложение своих мыслей подобный автор ведет обычно запальчиво, скачущим темпом. Он старается пресечь возможные возражения директивностью тона и безапелляционностью в построении фраз. Сверкающие глаза (как у фанатика) отбивают у вас охоту доказывать ему произвольность его построений, пробелы в логике. Что «гению» логика!

Загонять такого «гения» в угол следует лишь одним способом: допускать мысль, что он, может быть, и прав. Напомнить ему, что верным признаком теории является возможность делать предсказания, и затем просить его сказать, какую реакцию он может предсказать и какое неизвестное явление предвидеть. Вы не получите ответа на этот вопрос, ибо автор новой теории «объясняет» при помощи своих хитроумных представлений то, что уже давно известно.

Представители лженауки в химии, как и в других областях, претендуют обычно на роль революционеров, прибегают к политическим спекуляциям, для того чтобы заранее уничтожить возможные возражения. К сожалению, еще приходится сталкиваться с такими деятелями и читать их «труды».

Есть ученые мужи от химии и другой категории. Представитель ее может быть вполне грамотным, с негодованием относиться к лженауке, оставляющей в забвении общепризнанные законы природы, пользоваться в своих исследованиях научными методами, и, несмотря на все это, работа его будет пустышкой, если он без внимания отнесется к основным заповедям физического мышления. А одна из заповедей, которая, к сожалению, нарушается теоретиками-химиками очень часто, – это не увлекаться бесполезными расчетами. Бесполезными в том смысле, о каком уже говорилось, – сложный и занимающий массу времени расчет приводит к результатам, которые не ведут к установлению правил, позволяющих предсказывать новые факты, а служат исключительно интерпретации уже установленных экспериментом подробностей.

Популярность таких расчетов психологически понятна. Химику-синтетику всегда интересно узнать, почему найденная им реакция идет так, а не иначе. И он всегда глубоко

признателен теоретику, появляющемуся в его лаборатории с килограммом бумаги, испещренной трехэтажными формулами и семизначными цифрами, и твердым голосом вещающему:

– Реакция шла так, а не иначе по очень простой причине – легко отрывающийся атом слабо связан с остальной частью молекулы.

Химик-практик в восторге, горячо жмет руку теоретику, открывшему истину трудами своих бессонных ночей, горячо благодарит и приступает к дальнейшей работе; ведь надо ставить сотни опытов, чтобы выяснить поведение в реакции других веществ.

Я как-то присутствовал на матче боксеров. Парни изрядно колотили друг друга, раздавался гонг, судья поднимал руку одного из них и объявлял его победителем. Потом на ринг поднималась следующая пара. Я пытался заранее определить, кто будет победителем матча, но ошибался так же часто, как и угадывал.

Поняв безнадежность этой попытки, я стал рассматривать публику. Наверное, многие посетители были завсегдатаями, и они без труда отличали нокдаун от нокаута. Но были и случайные посетители, вроде меня. Один из них сидел рядом и по окончании каждого боя спрашивал у меня:

– Как вы думаете, почему он победил?

Придя к заключению, что предсказание безнадежно, я начал отвечать моему соседу уверенным тоном:

– Дело ясное, у выигравшего руки длиннее.

Затем по поводу следующей пары:

– Ну, как же вы не понимаете! Победитель более высокого роста.

В третьей паре у победителя были короткие руки, да и роста он был маленького. Мой сосед робким голосом отметил, что это несколько противоречит... ведь я, кажется, говорил...

Я перебил его уверенным тоном:

– Чего вы здесь не понимаете? Он хотя и маленький, но вес его больше.

Я чувствовал подъем духа и нисколько не сомневался, что дам безупречные объяснения исходам всех поединков... конечно, после окончания боя. Оглянувшись в зрительный зал, я увидел дух моего доброго знакомого химика-теоретика, плавающего над головами болельщиков, на лице духа было полное удовлетворение.

Что делать, в семье не без урода. Но, разумеется, не уроды делают погоду в науке. Подведение крепкого и доброкачественного фундамента под химию продолжается.

## Глава 11 Биология

*...где рассказывается о том, что биологи без физиков жить не могут. Попутно автор выражает свое сожаление, что он не занялся своевременно такой исключительно интересной проблемой, как передача наследственности.*

На наших глазах физика начинает занимать и в биологии ведущее положение. Не надо понимать дело так, будто физика завоевывает биологию, а биологов отодвигает на второй план. Ничего подобного не происходит. Просто та наука, которую мы раньше называли биологией, становится физикой, и это подтверждает мысль, что естествознание продолжает перестраиваться и становится на общий фундамент.

Разумеется, перестройка эта подготавливалась постепенно. Уже достаточно давно существовала такая промежуточная область знания, как биологическая физика. Но она была порождена лишь соприкосновением физики и биологии бок о бок. В ней физические приборы и физические методы исследования применялись для исследования биологических явлений на том уровне, который был характерен для биологии.

Положение дел начало резко меняться лишь за последнее двадцатилетие, когда выяснилась возможность обсуждать биологические явления на молекулярном уровне, когда оказалось возможным распространить законы физики, управляющие поведением атомов и

молекул, на живое вещество.

С биологами физики стали общаться уже давно. Можно привести пример организованного в начале тридцатых годов Всесоюзного института экспериментальной медицины (ВИЭМ). В состав института входили такие отделы, как биофизика, светобиология, биологическая физическая химия. В этих отделах работало много физиков, но роль их была вспомогательная. Биологи часто беседовали с физиками о возможности применения физических методов для своих целей. Но не более того. Словом, взаимоотношения были дружеские, однако биологи и физики жили скорее как соседи по квартире, а не как члены одной семьи.

После войны биологическая физика начала новую жизнь в стенах Академии наук, и перечень вопросов, с которыми биологи обращались к физикам, переменялся.

Исследователи-"структурщики" стали подбираться к сложным объектам. Методы рентгеноструктурного анализа с успехом решали вопросы взаимного расположения атомов в молекулах, принимающих участие в биологических процессах. Объектом исследования стали и молекулы белков, своего рода «атомы» жизни. Сначала физики научились примерно оценивать их размеры, затем форму, а потом взялись и за выяснение их внутренней структуры.

Электронная микроскопия прогрессировала гигантскими шагами. С каждым годом граница невидимого отодвигалась все дальше; за увеличениями в тысячи раз пошли десятки тысяч, затем и сотни тысяч. На подложку – вроде предметного стекла обычного микроскопа – удавалось поместить не только клетки, но и отдельные их части. Раскрыли свою тайну вирусные частицы, стали непосредственно видны крупные молекулы, из которых они построены.

Разумеется, биологи не могли проходить мимо этих наблюдений. Не все им было понятно: результаты получали физики, а с языком их биологи только начинали знакомиться. Тут-то и возникала нужда в помощи физиков. По старой дружбе часто за объяснениями обращались ко мне, приходилось даже делать доклады по предмету, в общем от меня далекому.

Шло время, и вот несколько лет назад директор Института биофизики Глеб Михайлович Франк пригласил меня на доклад английского исследователя Перутца. Не помню, было это до или после присуждения Нобелевской премии этому ученому за его замечательный титанический труд, продолжавшийся примерно четверть века: им впервые была определена во всех атомных деталях структура молекулы одного из белков.

Я следил за работами Перутца по журналам, но тем не менее было интересно послушать его итоговый доклад. Как я и ожидал, доклад этого скромного, небольшого роста брюнета, по-деловому изложившего свою работу, произвел на слушателей огромное впечатление. Речь шла о том, чтобы найти последовательность в структурных элементах белка; показать, с каким изгибом один элемент следует за другим. А этих элементов в молекуле, которую изучал Перутц, ни больше, ни меньше, как 574. С чем бы сравнить эту задачу так, чтобы почувствовать сложность этого беспримерного труда? Представьте себе запутаннейший лабиринт внутри известной пирамиды Хеопса. Лабиринт состоит из 574 колен, изогнутых и переплетенных самым причудливым способом. И перед вами ставится задача – подробно описать лабиринт, не взламывая пирамиды. Можете простукивать, прослушивать, просвечивать рентгеновыми лучами, словом, исследовать по косвенным признакам.

Мой интерес к работе Перутца был тем более велик, что вся работа производилась теми самыми методами, которые были развиты для таких неживых объектов, как каменная соль, кальцит или нафталин.

Но более замечательным оказалось вот что. В результате работы Перутца, да и вообще всех работ, посвященных изучению структуры биологических объектов, выяснилось, что законы построения биологических веществ ни в чем не отличаются от правил построения объектов неживой природы. Те же расстояния между химически связанными атомами, те же законы припасовки молекул друг к другу. Молекулы соприкасаются на тех же расстояниях и с соблюдением тех же правил упаковки, которые были найдены ранее для простых кристаллов, не связанных с биологией.

Все это еще раз подтверждало непрерывность научного фронта, в которой убедились уже многие ученые. Исследования в, казалось бы, далекой кристаллографии совершенно неожиданно оказались нужным элементом в исследовании структуры белковых молекул. А эта

работа, в свою очередь, явилась звеном в цепи проблем, открывающих тайны процессов, протекающих в живом организме.

По мере накопления материала о структуре молекул и укладке молекул в биологически важных объектах крепла уверенность в том, что одинаковыми для живых и неживых объектов должны оказаться не только законы архитектуры, но и законы, управляющие процессами. Становилось несомненным, что все биологические явления окажется возможным описать как процессы перемещения, слияния, разлома молекул тем самым способом, который был разработан физикой для веществ, не имеющих отношения к живому. Структурные исследования не оставляли места для особой биологической субстанции и толкали исследователей на все более смелое подведение физического фундамента под здание биологии.

Не моя цель рассказывать здесь о разнообразных достижениях этого важнейшего направления современной науки. Но чтобы тезис о физике, как основе всего современного естествознания, был воспринят читателем без сопротивления, стоит привести один довольно яркий пример.

Как-то зашел ко мне знакомый биолог, и между нами произошел такой разговор.

– Почему бы вам не заняться нуклеиновыми кислотами? – предложил гость.

– А что это такое?

– Вы про молекулу ДНК слышали?

– Что-то смутно помню.

– Есть подозрение, что в этой молекуле заложен секрет деятельности клетки.

– Эта молекула – ядро клетки?

– Да нет, она составная часть ядра; я вижу, ваши сведения из биологии довольно скромные.

– Не спорю, напомните, пожалуйста, – ответил я.

– Наш организм построен из клеток, – начал мой собеседник.

– Можете не начинать с азов, – перебил его я. – Это мне, слава богу, известно, и вирховский принцип «клетка из клетки» мне не так давно напомнили наши газеты. Знаю я и то, что клетки бывают разные – клетка мускулов, клетка мозга или печени – все они различаются.

– Очень хорошо. Но чтобы подвести вас к теме нашего разговора, мы должны, напротив, поинтересоваться тем, что является общим для всех клеток.

– Что же это?

– Все клетки напоминают маленькую капсулку с жидкостью. Жидкость заселена самыми разнообразными молекулами и скоплениями молекул, образующих замечательно интересные постройки. Мы еще далеки от понимания функций этих молекул и телец, но уже сейчас ясно, что клетка – это маленькая фабрика, получающая приказы к действию, которые могут приноситься ей либо пришедшими из других частей организма молекулами, либо могут быть переданы по телеграфу нервной системы.

– Но фабрика нуждается в энергии!

– Верно, энергия для работы по выполнению приказов получается клеткой за счет солнечной энергии или пищи.

– Вы знаете, как это происходит? – теперь уже задал вопрос я.

– В общих чертах нам это известно. Но не будем отклоняться от темы. Если вас все это заинтересует, я вам принесу почитать популярные статьи. Сейчас же скажу, что, повинуясь приказам и за счет полученной энергии, клетка способна производить самую различную работу – механическую, химическую, электрическую.

– А умственная деятельность?

– Ну, разумеется, тоже клетки; все бесконечное разнообразие жизненных процессов осуществляется совокупными действиями мириад клеток, из которых построен наш организм.

– Не могу сказать, чтобы мне было все ясно, кроме общих идей.

Биолог засмеялся.

– Поверьте, и мы еще очень далеки от понимания механизма большинства жизненных процессов, но огромным достижением сегодняшней биологии является открытие некоторых общих закономерностей. К ним принадлежит точно установленный факт, что основная работа клетки состоит в производстве разного сорта белковых молекул.

– Я где-то читал о бесконечном разнообразии молекул белков.

– Не совсем так. Хотя клетка производит больше сортов молекул, чем любая пуговичная фабрика сортов пуговиц, типы производимых молекул вполне определенные. Фабрика-клетка работает по разнообразным, но раз навсегда утвержденным чертежам. Так вот, в последние годы мы нашли главного конструктора фабрики. Это особая молекула, которая сокращенно называется ДНК.

– А если полностью?

– Дезоксирибонуклеиновая кислота.

– Пусть уж лучше будет ДНК. Так что же оказалось?

– О, придется произнести еще один длинный монолог. Начальство фабрики заключено в так называемом ядре клетки – ДНК очень длинная молекула. Важной ее особенностью является то, что она построена из кусочков четырех сортов. Я упрощаю, но вы потом разберетесь сами в деталях, а мне хочется рассказать лишь основную идею открытия. Эти кусочки расположены в какой-то определенной беспорядочной последовательности. Теперь идея номер один. План разнообразных действий клетки, передающийся без изменения от клетки к ее бесконечному потомству, возникающему благодаря делениям, закодирован специфической последовательностью расположения этих кусочков.

– Хорошо, но какое же это имеет отношение к производству бесконечно разнообразных белковых молекул?

– А откуда вы взяли, что белковые молекулы бесконечно разнообразны?

– Не помню, но где-то читал.

– В известном смысле это верно, но замечательным является то обстоятельство, что все белковые молекулы построены из двадцати различных элементов. Только двадцати. Опять-таки, располагая эти элементы в разной последовательности, можно получить неисчерпаемое богатство разновидностей молекул, годящихся, так сказать, на все случаи жизни и на все вкусы.

– Рассказывайте про производство белков, вы меня заинтриговали, – попросил я.

– Вы знаете, что такое типографская матрица?

– Конечно.

– Так вот, представьте себе, что вы отлили отдельно каждую строчку. Если будете пытаться совместить одну из строчек с матрицей так, чтобы все выпуклые части вошли в соответствующие впадины, то это удастся сделать только единственным способом, поставив строчку на ее собственное место.

– Ясно.

– Молекула ДНК играет роль такой матрицы, алфавит у нее четырехбуквенный, а число строчек двадцать. Роль строчки в моей грубой схеме играет молекула, которая сокращенно обозначается РНК.

– Можете не называть ее полностью. Продолжайте, пожалуйста.

– Молекула ДНК находится в среде, где имеется достаточное количество ее строительных блоков четырех сортов. Прежде всего ДНК готовит строчки, то есть изготавливает молекулы РНК.

– Вы говорите об этом так, будто речь и на самом деле идет о типографской строчке. А здесь протекает сложнейший химический процесс.

– Я рад, что вы это чувствуете. Я просто не останавливаюсь на химизме явления, а говорю лишь о структурной схеме, – уточнил мой товарищ. – Каждая из строчек – это специализированная молекула РНК, которая способна подцепить один из строительных кирпичей белковой молекулы. После того как молекулы РНК построены, они отправляются на охоту за своими кирпичами белковых молекул, притаскивают их к молекуле ДНК (я опять упрощаю картину, но это не меняет принципиальной стороны дела), каждая строчка находит свое место, и кирпичи белковой молекулы оказываются расположенными в строго определенной последовательности, они соединяются и образуют белковую молекулу.

– Но ведь надо сделать много сортов белковых молекул.

– Совершенно верно, представляйте себе молекулу ДНК не как один лист матрицы, а как большое число листов – каждый лист фабрикует свой белок.

– Потрясающе интересно! Представить себе химический процесс такой степени сложности и происходящий «сам по себе»? Нет, это, право, поразительно. Я вот думаю сейчас, что на настоящем уровне техники спроектировать автоматическую фабрику даже для производства одного сорта белка и то невозможно. А здесь, в живой материи, в микроскопическом масштабе налажено сложнейшее производство, подчиняющееся приказам извне... Да, звучит, как сказка.

– Вот вы и должны заняться этими вещами и показать, что ничего сказочного в этом нет, – поведение всех этих молекул подчиняется все тем же правилам, которые действуют в простых небиологических системах.

– Ну, знаете, это надо менять свою профессию, а я уж стар для этого.

– Гм. Это уже другой вопрос. Его вы должны решить сами. Я же хотел лишь нарисовать реальную картину, которая сложилась сейчас в биологической науке.

С этими словами мой собеседник-биолог простился и ушел, а я долго еще грыз себя, почему 10–15 лет назад не занялся этими проблемами. Последующее показало, что хорошо мне знакомые, частично развитые мною самим представления о поведении органических молекул переносятся на сложные процессы, протекающие в клетке. Те же правила, те же закономерности, тот же фундамент, общий для физической науки. Действительно, самое главное в схеме – припасовка молекул друг к другу таким образом, чтобы впадина одной и выступ соседней совпадали, – была мною еще в начале сороковых годов обнаружена как непереносимое свойство всех органических кристаллов. Оказалось, что и в сложных системах то же правило осуществляется не только качественно, но и с соблюдением тех же геометрических соответствий, которые присущи всему миру простых органических кристаллов.

Тщательно исследуется сейчас и энергетическая сторона дела. Показано, что все описанные чудесные процессы происходят с полным соблюдением закона сохранения энергии. Энергия, необходимая для переноса и конструирования молекул, доставляется солнцем или пищей. Таким образом, усложнение против простых химических реакций – столкновений, разломов и соединений молекул – только количественное.

В молекулярной биологии сегодняшнего дня больше загадок, чем решенных проблем. Тем не менее то, что нам известно, показывает с полной несомненностью, что в основе сложнейших процессов жизни лежат физические законы, общие для всех частиц, строящих вселенную.

Только это мне и хотелось подчеркнуть.

## Глава 12 Психология

*...из которой читатель с негодованием узнает, что физик не видит принципиального различия между изучением движения элементарных частиц и стремлением человеческой души.*

Очень обидно, когда тебя называли винтиком. Ну, а если несколько более солидной деталью или даже машиной? Скажем, не человек, а бездушная машина? Большинство все равно обижается. Действительно, звучит не как комплимент. Хотя... в XX веке?! Разве так уж редко машина вызывает искреннее восхищение своими гармоничными пропорциями или завидной легкостью выполнения сложнейших движений? Словом, с моей точки зрения комплименты – красива, как космическая ракета, или сообразителен, как «Стрела» (есть такая вычислительная машина), – вполне современны.

И все же, когда оставляешь шуточный тон и на полном серьезе убеждаешь собеседника, что между человеком и машиной нет принципиального различия, то встречаешь решительное противодействие. С вами готовы согласиться, что машина может решать лучше человека задачи любой сложности, что она может выполнять самые головоломные приказания. Но машина, которая учится, машина, которая творит... и (пожалуй, самое яростное возражение) машина, которая чувствует, – это уж извините! Как допустить, как согласиться с тем, что машина способна переживать, может любить и ненавидеть, может восхищаться красотами природы! И все же большая группа естествоиспытателей (к которым относит себя и автор) уверена в

отсутствии принципиального различия между человеком и машиной.

Никто не думает, что на современном уровне наших знаний можно создать искусственного человека или даже мышцу длиной в миллиметр. Не существенно то, что практические пути моделирования всех жизненных процессов еще совершенно не очевидны. Не играет роли и то, что будущее, возможно, откроет нам участие в явлениях жизни процессов более сложных и тонких, чем электрические токи и химические реакции. Дело не в этом. Важно лишь одно: открытия последних десятилетий привели к заключению, что все жизненные процессы, механизм которых более или менее известен, подчиняются тем же законам природы, что и процессы искусственно созданные, и могут быть моделированы.

Почему же не верить, что успех, одержанный в самом начале пути, будет сопутствовать нам и дальше? Тем более что в материальной основе всех физиологических, эмоциональных и рациональных проявлениях жизни естествоиспытатель не может сомневаться. То, что мы смело можем защищать утверждения, что нет принципиального различия между машиной и человеком, представляется нам самым большим, самым значительным шагом естествознания XX века. Все революционные события в физике, о которых рассказывалось, отступают на второй план перед этим изумительным достижением науки. И правда, разве может быть что-нибудь важнее открытий, позволяющих человеку по-новому оценить самого себя. С ним может сравниться, пожалуй, лишь доказательство эволюционного происхождения человека от простейших животных. Дарвин (хотел он этого или нет) разрушил веру в божественное происхождение человеческой души. Простая логика заставляла думать, что если духовное нечто и существует, то оно должно было создаваться постепенно, модифицироваться вместе с физиологией.

Но все же несводимость духовной жизни к физическим явлениям долгие века казалась очевидной для большинства. Правда, история знает ряд последовательных мыслителей, утверждавших материальность мышления. Однако эти выступления были преждевременными, не подготовленными развитием естествознания и потому казались вульгарными и неоправданными.

Сегодняшняя наша уверенность в том, что духовная жизнь человека в принципе сводима к физическим явлениям, происходящим в мозгу и нервной системе, возникла в результате успехов двух областей знания. С одной стороны, были построены сложные автоматы, в работе которых были найдены аналогии с деятельностью мозга, с другой – значительно прояснились наши сведения о механизме работы мозга и нервной системы, который оказался похожим на механизм действия автоматов, построенных на электронных лампах или полупроводниковых приборах.

В чем же состоит это сходство, которое ведет нас к столь далеко идущим выводам?

Чтобы машина и мозг могли действовать, они должны обладать знанием фактов, законов и команд, могущих воплотиться в действия. Величайшее богатство мыслей записывается небольшим числом букв алфавита, различные комбинации которых создают слова, а последовательность слов – фразы. Но совсем не обязательно пользоваться для записи сведений десятками букв-знаков. Точка и тире азбуки Морзе не хуже справляются с этой задачей. Такое двухзначное представление цифр и слов в электронных цифровых машинах осуществляется электрическим импульсом, который может «быть» (точка!) или «не быть» (тире!) в одном из нескольких десятков тысяч органов машины. Таким образом, в каждое мгновение все сведения и распоряжения, выполняемые машиной, определяются распределением точек и тире по ее лампам. У каждой лампы возможны только два состояния.

Роль лампы в живом организме играет нервная клетка – нейрон. Провода, соединяющие нервные клетки, называются аксонами. Так вот, оказывается, что нервные импульсы, распространяющиеся по аксону, могут либо «быть», либо «не быть». Возникшие импульсы имеют стандартную форму. Так же как импульс в цифровой электронной машине, нервный импульс несет в нейрон только два вида информации – точку или тире.

Тщательное рассмотрение проблемы, о которой мы несколькими фразами дали читателю лишь слабое и грубо упрощенное представление, показывает, что в основном нервная система устроена примерно так же, как и цифровая электронная машина.

Но, разумеется, уверенность в аналогии была достигнута не только с помощью этого

общего доказательства. Много усилий затрачено на то, чтобы воспроизвести с помощью машин специфику мыслительной деятельности человека. Наибольшее впечатление производят машины, способные обучаться, в программу действия которых вкладывается запоминание ошибок и указание избегать их при повторном действии. Поражают также машины, играющие в карты, в домино и в шахматы. Но о них писалось уже очень много, и нам нет смысла умножать число этих описаний.

Есть много игр, которые предоставляют партнерам равные шансы. Например, игра в мешок, камень, ножницы. Не знаете?

Вытянутая ладонь – мешок, ладонь с раздвинутыми пальцами – ножницы, сжатая в кулак – камень. Одну из этих фигур оба играющих выкидывают одновременно. Кто выигрывает – запомнить нетрудно: мешок забирает камень, камень тупит ножницы, а ножницы режут мешок. На каждую фигуру есть своя, более старшая, и поэтому, когда руки партнеров выбрасываются одновременно, кажется: шансы на выигрыш равны у каждого из них. И тем не менее есть люди, которые всегда выигрывают в этой игре. Как это может быть? Подумав, мы поймем, в чем тут дело. Большинство игроков придерживается своей немудреной тактики. Например, сейчас я показал ножницы, в следующий раз мой партнер подумает, что я выброшу другую фигуру, а я его обману и опять покажу ножницы и т. д.

Внимательный партнер быстро отгадает любую тактику и поэтому имеет преимущество в игре. А как надо вести себя его противнику? Он обязан следить лишь за одним, чтобы не было никакой тактики. Наилучшая игра та, в которой выбросы следуют в статистическом беспорядке.

Так вот, игра легко программируется, и машина оказывается самым лучшим игроком. При длительной игре выигрыш всегда за машиной. Она превосходно разгадывает чужую тактику, а сама играет по закону случая.

Можно также создать машины, которые способны писать стихи и сочинять музыку. Разумеется, кто-то их должен научить всему этому. И тогда даже в наши дни машина может удивить своего наставника – поэта или композитора. Как-то один энтузиаст машинной поэзии показал мне написанное машиной стихотворение «Черное Солнце». Он просил не называть его фамилии, дабы не навлечь на него гнев начальства за использование машины, созданной для решения сложных уравнений, не по назначению; правда, включал он ее для стихосложения в короткие ночные перерывы. В машину был вложен словарь пяти или шести поэтов. Правила подбора прилагательных были заданы в такой форме, что машина комбинировала образы, черпая их из разных стихов разных поэтов. Иногда получались поразительные сочетания. Энтузиаст, о котором я рассказываю, рассматривал машину как мастера полуфабрикатов. Получив от машины фразы, красиво, но без особенного смысла составленные из словарей знаменитых поэтов, он небольшими коррективами создавал эффектные стихи в стиле символистов.

Разумеется, все это находится на уровне забавы, но забавы очень многообещающей. Несомненно, машина может писать стихи, и нет каких бы то ни было принципиальных ограничений степени разумности и яркости этих произведений. Можно умножить число впечатляющих примеров подмены мозга машиной. И все же было бы нелепым упрощать проблему, проводить знаки тождества между машиной и человеком и ожидать создания искусственного человеческого мозга в ближайшем будущем. Различия между мозгом и машиной огромны. Сотни миллионов лет эволюции создали потрясающую машину-мозг, в которой число «электронных ламп» – нейронов – измеряется единицей с десятью нулями при объеме «машины» немного большем одного литра ( $1200 \text{ см}^3$ ). При этом каждая «лампа» потребляет энергию, равную лишь одной миллиардной доле ватта. Сравните это с машиной из металла, состоящей из нескольких десятков тысяч ламп. Объем такого сооружения в миллиард раз будет превосходить размеры мозга; во столько же раз больше оно потребует энергии.

Чрезвычайно существенным различием мозга и машины является исключительная приспособленность мозга к параллельным действиям.

Не идет также ни в какое сравнение с любой, самой совершенной машиной надежность работы мозга, в котором широко применяется принцип взаимозаменяемости частей.

Еще одна оценка: емкость памяти мозга в миллион раз превосходит память лучших современных машин. Надо, правда, сказать, что специалисты не считают это различие столь уж

большим.

Интересно, что в одном отношении машины уже сейчас превосходят мозг, – они работают в десять тысяч раз быстрее.

«И все же я полагаю, что важнее устанавливать и изучать сходства, чем уделять внимание различиям. Дело вовсе не в задаче создания искусственного человека. Пока не видно, для чего это потребовалось бы. Практические цели заключаются лишь в создании автоматов, облегчающих мыслительную деятельность человека. Важна принципиальная сторона дела – уверенность в том, что в рамках материалистического мировоззрения не существует никаких принципиальных аргументов против возможности создания искусственных живых существ, способных к размножению, прогрессивной эволюции, обладающих эмоциями, волей и мышлением вплоть до самых тонких его разновидностей». Так писал академик А. Н. Колмогоров, и мы сослались на него потому, что при таком резком суждении (с которым многие не согласны) действовать без ссылки на авторитет специалиста рискованно.

Я превосходно понимаю, что несколько страничек текста, даже завершённые ссылкой на крупный авторитет, всё же не всех могут убедить. В проблему такого значения надо вдуматься как следует и познакомиться со многими литературными трудами, появившимися в последние годы.

Я же хочу закончить главу еще несколькими словами об эмоциях машины. На первый взгляд даже сочетание подобных слов кажется диким. Неужто автор утверждает, что машина может быть взволнована при виде красивого солнечного заката? Но ведь многие согласятся с тем, что машина видит закат так, как это делает телевизионный аппарат. Далее, нетрудно согласиться, что в памяти машины записаны тысячи картин природы, с которыми она может сравнить то, что видит сейчас. Наверное, не вызовет возражения и то, что могут быть запрограммированы и эстетические критерии – оттенки цветов, совершенство формы и прочее. Следовательно, машина способна дать оценку тому, что она видит. Внешние проявления этой оценки (все что хотите: восклицание «до чего красиво!», глубокий вздох и даже слезы на глазах), разумеется, может быть осуществлено инженерными средствами. Что же остается? «Как что, – воскликнет читатель, – а внутренние ощущения!» Но ведь про них мы ничего не знаем и знать не можем...

Известны ли нам ощущения нашей спутницы, которая любит закатом вместе с нами? В том-то и дело, что определение жизни и мышления может быть только функциональным. Совершенный автомат так же, как и ваша спутница, горячо уверит вас, что вы смотрите на вещи одинаково и нет различий в ваших восторгах.

Согласившись с основной идеей, мы должны признать, что духовная жизнь мыслящего существа может и должна явиться предметом естествознания. Задача эта носит не синтетический, а аналитический характер. Исследователь, берущийся за решение ее, будет находиться примерно в такой ситуации, что и инженер, изучающий возможности и правила действия сложнейшей незнакомой машины.

Уже сделаны большие успехи в локализации участков мозга, ответственных за различные переживания и действия. Есть все основания думать, что через десятки лет в этом направлении будет достигнут великий прогресс. Да и сейчас нам ясно, что природа – величайший конструктор. Она создала за сотни миллионов лет машину исключительной сложности и совершенства. Грядущий же анализ сможет выделить общечеловеческие свойства – части механизма, свойственные всем людям. Хотя уже сегодня известно, что в только что появившейся на свет «машине» имеется бесчисленное количество врожденных особенностей, переданных по наследству. Кроме того, она подготовлена к запоминанию фактов и правил, которым ее научит жизнь. А воспитание и обучение ее состоит в непрерывном пополнении программ действия, мышления и эмоциональных переживаний.

Разумеется, мы еще бесконечно далеки от описания физических процессов, адекватных мыслительной деятельности.

И тем не менее одна лишь общая идея о физической природе духовной жизни, несомненно, влияет на развитие психологии.

В конце концов и в более простых областях естествознания, даже в химии, мы не в состоянии проводить исчерпывающее описание процессов. Но это совсем не означает, что

естествознание в бессилии отступает. Если сегодня невозможно дать полное теоретическое описание явления, ученые прибегают к поиску эмпирических и полуэмпирических закономерностей. И хоть это и частные правила, происхождение которых из общих законов природы не может быть пока что доказано, тем не менее они с пользой служат науке, дают количественное описание явления и позволяют предсказывать события.

Такой подход возможен и в современной психологии, следовательно, физические методы мышления оказывают существенное влияние на проблемы, связанные с изучением человеческого характера и поведения.

Последние десятилетия показывают стремление психологов пользоваться строго определенными понятиями и вводить для них пусть условную, но все же числовую оценку. А измерения предполагают эксперимент. И действительно, в подавляющем числе психологических исследований мы встречаемся с интересными опытами.

Очевидно, могут быть поставлены две экспериментальные задачи, имеющие целью выявление правила поведения или закономерностей характера людей. Во-первых, можно изучать поведение одного человека, допустим, исследовать его реакцию на одинаковые ситуации при одном переменном параметре. Речь может идти, например, о скорости соображения в зависимости от времени суток или – при подъеме в гору – в зависимости от высоты места. Вероятно, изучая долгое время какого-нибудь одного субъекта, можно составить на него довольно детальную психологическую карту. Но выявленные закономерности для отдельного индивидуума, скажем для Иванова или Петрова, сами по себе, пожалуй, не представляют большого интереса. Это все равно, что с исчерпывающей тщательностью изучить молекулярный и электронный механизм какой-нибудь одной химической реакции. Результат такого изучения не дает материала для построения теории, справедливой для всей химии.

Разумеется, основной интерес состоит в рассмотрении поведения и характеров тысяч людей; в нахождении общих закономерностей для представителей разных возрастов, полов, социального положения. В этом смысл второй задачи.

Подобные исследования, интересные сами по себе, являются необходимой подготовкой для будущего завоевания психологии. А эмпирические подходы в других областях естествознания служат и будут служить основой для физического понимания соответствующих явлений в психологии.

Чтобы получить представление о методах современной психологии, приведем несколько примеров. Они интересны по существу и не лишены некоторой театральности. Впрочем, судите сами.

Кажется, материальные побуждения являются мощным стимулом в преодолении трудностей. Как проверить это утверждение?

Авторы исследования выбирают ряд задач, требующих для своего выполнения мобилизации внимания и облегчающихся привычкой. Скажем, речь идет о таком испытании. На диске, который вращается со скоростью одного оборота в секунду, близко к его краю припаяна металлическая пластинка размером в квадратный сантиметр. Испытуемый берет в руку металлический карандаш – электрод, которым должен прикоснуться к пластинке и удержать диск как можно дольше в таком положении. Прикосновение замыкает электрическую цепь и позволяет тем самым точно измерить время, в течение которого карандаш прижат к пластинке. Первые попытки, как правило, мало удачны; затем большинство испытуемых весьма быстро приобретает навык, и карандаш срывается с пластинки относительно редко.

Испытанию подвергаются группы лиц, которые по-разному заинтересованы в этом опыте. Для одной группы этот успех безразличен – им говорится, что проводится психологическое исследование и каждый из них в нем будет фигурировать безыменной статистической единицей. Участникам другой группы обещаны деньги при успешном выполнении задания. Наконец подбираются испытуемые, для которых успех жизненно важен. Такая группа была образована авторами исследования следующим образом.

На некий конкурс было подано десять заявлений на одно место. Авторы получили разрешение наряду с деловыми испытаниями кандидатов ввести и свой эксперимент. При этом конкурирующим не было известно, что психологический опыт включен сверх программы.

Вводились условные количественные оценки степени заинтересованности и строились

кривые зависимости успеха в выполнении задания от степени побуждения. Отмечены два результата этого исследования. Первый – наилучший успех достигается при средней степени заинтересованности. Второй – чем сложнее задача, тем меньшая степень заинтересованности приводит к наилучшему успеху. Результат, на мой взгляд, довольно неожиданный. Видимо, волнение перевешивает степень заинтересованности. Экзаменаторам стоит запомнить этот результат.

Судьба достаточно часто ставит каждого из нас перед необходимостью выбора. Надо решить, какое из двух платьев купить; какой из двух дорог направиться гулять; как провести свободное время – в кинотеатре или на стадионе. До того, как мы сделали выбор, оба варианта представляются примерно равноценными. Но вот решение принято и колебания отброшены. Не возникает ли сожаление об отброшенной альтернативе? Для выяснения этого положения были поставлены массовые опыты. Один из них заключается в следующем.

Девочкам предлагалось дать свои оценки двенадцати объектам. Ну, скажем, оценить двенадцать кукол. Затем из этих двенадцати выбирались две среднепривлекательные, а уж из них тем же девочкам разрешали выбрать какую-либо одну. После этого экспериментаторы повторяли опыт, то есть перед девочками снова располагали в ряд те же двенадцать предметов и опять просили оценить. Что же оказалось? Тот предмет (из числа двух), который не был удостоен выбора, теперь уже потерял в своей привлекательности и получил меньшую оценку, а выбранный стал казаться куда лучше, чем раньше – при первой оценке. Очевидно, вывод один: нет сожаления об отброшенном варианте; более того, то, что мы сами выпустили из рук, становится менее нужным. Кстати, если вдуматься, то это очень разумный и полезный инстинкт.

Результат опыта можно обобщить. Кто-либо колеблется между двумя решениями. Оба имеют свои плюсы и минусы. Но вот выбор сделан. Теперь положительные стороны отброшенного решения находятся в своеобразном диссонансе с возникшей ситуацией. Диссонанс неприятен. Вступает в работу мощный инстинкт – избавиться от неприятных переживаний. Как же уменьшить диссонанс? Убедить себя в том, что сделанный выбор оправдан, а отброшенный вариант хуже, чем казалось сначала.

Это общее правило оказалось возможным подтвердить самыми разнообразными психологическими экспериментами.

Я привел эти примеры как доказательство того, что методы психологии становятся похожими на методы точного естествознания. Мы находим здесь те же типичные черты: строгое определение понятий; разработка способа количественной характеристики понятия; эксперимент; статистическая обработка результатов наблюдения; нахождение частных закономерностей и их обобщение в некоторые правила.

Разумеется, много вопросов остается без ответа. И все же стоит подчеркнуть, что в психологии идет тот же процесс, что и в других областях естествознания. В предвидении физической интерпретации психологических явлений исследователи подготавливают для нее дорогу постановкой объективных опытов.

## **Глава 13**

### **Физики занимаются наукой**

*...показывает, что известная истина о невозможности объять необъятное приводит физиков к необходимостиделиться на отряды теоретиков, экспериментаторов и аппаратуристов.*

Все закончившие физические факультеты университетов убежденно называют себя физиками. Так записано у них и в дипломах. Действительно, в момент окончания вуза у них много общего – молодые люди прослушали одни и те же курсы, проделали одну и ту же лабораторную практику, словом, образованы одинаково.

Через несколько месяцев после окончания они уже на работе. Где? В канцелярии вуза вам назовут завод химического машиностроения, гидрометеорологическую станцию, институт металлургии, институт химических реактивов, самолетный завод, институт криминалистики,

археологическую станцию, атомный теплоход.

Зайдите к ним в лаборатории, и общность аппаратуры бросится вам в глаза: учреждения разных ведомств приобрели для своих физиков одни и те же спектрографы, рентгеновские аппараты, криогенные установки, счетные машины... Создается ясное представление, будто мы действительно имеем дело с четко выраженной профессией.

Но теперь сведите выпускников лет через десять вместе. Конечно, они встретятся с удовольствием, будут с восторгом вспоминать студенческие забавы, хвалить хороших и ругать плохих педагогов, но посоветоваться о своих делах друг с другом никому из них не придет в голову. Уж больно далеко они разошлись. Области работ у многих из них не имеют ничего общего, труд их отличается по целям, а сами они – по характеру специальных знаний.

И другая вещь обратит на себя ваше внимание, если пройдете по лабораториям всех этих учреждений, где трудятся физики по образованию: за прошедшие годы они приобрели соратников, которые хранят дома совсем другие дипломы – дипломы химиков, биологов, врачей и инженеров. По сумме знаний наши специалисты сравнивались с этими товарищами по работе – нефизиками, да и решают они теперь одни и те же задачи.

Общность физических идей и методов исследования для всех без исключения областей естествознания и техники позволяет молодому человеку с образованием физика довольно быстро найти свое место где угодно. Часть физики, не нужной ему в работе, он быстро забывает и добавляет к своим знаниям сведения из выбранной узкой профессии. Напротив, молодой человек со специальным образованием, занимающийся физикой в узкой области, добавляет к своему образованию необходимые познания по физике. Так они и сравниваются.

По двум основным каналам распределяется молодежь, окончившая физические факультеты. Часть из них посвящает себя естествознанию, значительно большее число их идет заниматься приложениями физики, то есть поступает в распоряжение прикладной науки.

В первом случае образование физика непосредственно служит профессиональным целям. Хорошее понимание общих законов природы, свободное владение математическим аппаратом теоретической физики необходимо сейчас всем естествоиспытателям: собираются ли они исследовать превращения атомных ядер, изучать химические, биологические или геологические процессы. А восполнить недостаток специальных сведений им не представляет особого труда.

Во втором случае физическое образование вооружает работника знанием метода исследования. И так как роль специальных дисциплин здесь выше, то не исключено, что для прикладных наук физиков лучше готовить в специальных вузах.

Но и те, кто подводит фундамент под все современное естествознание, то есть «чистые физики», не все одинаковы.

Сейчас мы увидим, что и среди этих лиц, объединенных общностью профессии, неизбежно расслоение.

Два подхода к выяснению законов природы вырисовываются достаточно отчетливо. Это прежде всего подход экспериментальный, суть его – лабораторный опыт, который является вопросом, предлагаемым природе человеком. Тайны свои природа хранит довольно упорно. Чтобы разгадать их и получить ответ на многие вопросы, большей частью приходится создавать особые искусственные условия. Высокие давления, сверхвысокие температуры, мощный поток света или радиоволн – лишь при такой атаке природа сдается и удовлетворяет любопытство исследователя.

Но в естественных науках необходим и второй подход – теоретический. Внимательное взвешивание опытных фактов позволяет исследователю разработать схему протекания явления и придумать модель явления. Если принятые гипотезы верны, то логические рассуждения, конденсированные математическими вычислениями, позволяют вывести следствия, которые могут быть сопоставлены с опытом. Если выведенные следствия совпадают с опытом, то гипотезы по крайней мере правдоподобны. Если нет, то они должны быть отброшены.

Оба подхода развиваются друг другу навстречу. Так, новые экспериментальные факты, не укладывающиеся в существующие теоретические схемы, требуют изменения принятых схем и моделей. В свою очередь, новые теории приводят к следствиям, которые еще не были установлены на опыте и ставят перед наукой экспериментальные задачи.

Несомненно, идеалом ученого является исследователь, объединяющий в себе оба этих подхода. Тем не менее по ряду причин, о которых сейчас пойдет речь, физики XX века довольно отчетливо разделились на экспериментаторов и теоретиков.

Исследователь нашего времени, изучающий природу экспериментальным методом, уже мало похож на экспериментатора прошлых веков. Лет пятьдесят назад считалось совершенно естественным, если исследователь любого ранга проводил опыт от начала до конца своими руками. Когда я учился в университете, на кафедре физики работал превосходный физик-экспериментатор Константин Павлович Яковлев. Точно в 11 часов он появлялся в коридоре здания физического факультета в безукоризненно выглаженном костюме и в белоснежной рубашке с твердым стоячим воротничком, подпирившим подбородок. В своей комнате Константин Павлович снимал пиджак, надевал халат и направлялся к станку. Он выполнял все необходимые ему токарные, столярные, стеклодувные работы. Все сам! От начала до конца!

Разумеется, в этом есть известная прелесть. Но нынешний темп развития науки свел число таких исследователей к нулю – разделение труда в науке стало не менее необходимым, чем на производстве.

И все же исследователи, увлеченные созданием измерительной и другой экспериментальной аппаратуры, сохранились до наших дней и составляют очень полезную группу ученых. Конечно, и среди них бывают весьма увлекающиеся натуры, доходящие в этом увлечении иногда до крайности. Во Всесоюзном и институте экспериментальной медицины в соседней со мной комнате трудился Евгений Владимирович Комаров. Одним из первых в стране он налаживал сложную установку для измерения спектров комбинационного рассеяния. Раз в полгода он приглашал меня к себе в комнату и делился со мной своими успехами.

– Закончил, – с удовлетворением говорил он.

Я приходил в восторг и восхищался установкой – детали были тщательно пригнаны, резиновые трубки, подводящие воду, аккуратно уложены и закреплены красивыми обручами, стекло поблескивало на фоне черного отлакированного дерева. Все было сделано целесообразно и красиво. Я получал эстетическое удовольствие, разглядывая это творение.

– А вот спектрограмма, – показывал Евгений Владимирович. – На уровне; не уступает лучшим мировым примерам.

Прибор был собран руками Евгения Владимировича, внешнее оформление было его рук делом, но изготовление все же поручалось мастерским. И это по сравнению с описанным мною «тотальным» экспериментатором уже было существенным шагом вперед: ведь Евгений Владимирович рассчитывал, конструировал, чертил свой прибор.

– Приступайте скорее к исследованиям, – говорил я Евгению Владимировичу. – Только сейчас начинается использование этого нового метода, и вы можете вырваться вперед, а неясным вопросам нет числа.

Евгений Владимирович соглашался, рассеянно прощался со мной, поглядывая на свое детище.

Через пару недель около комнаты моего соседа громоздились ящики. Я заходил к нему, в комнате был разгром.

– В чем дело, Евгений Владимирович, что случилось?

– Да вот демонтирую. Отправляю обратно в мастерскую!

– Как в мастерскую? Разве что-нибудь не в порядке?

– Да нет, все было в порядке, но мне пришло в голову... – он брал меня за пуговицу и начинал возбужденно рассказывать о новом придуманном им усовершенствовании. – Совсем другое дело будет, – заключал он.

Пуск аппаратуры откладывался на полгода. Евгений Владимирович садился за новые расчеты. Так повторялось несколько раз. Ему так и не удалось пустить в ход свой прибор: летом 1941 года Евгений Владимирович ушел на фронт и не вернулся.

Пожалуй, если бы кто-нибудь потребовал бы от меня подробной классификации физиков, то исследователей такого типа, преданных самой идее измерения (а что мерять, им все равно), я назвал бы не экспериментаторами, а аппаратурщиками. Нечего и говорить, что это очень необходимый отряд научной армии; без их упорного труда не удалось бы достигнуть многих

поразительных успехов в экспериментальном естествознании.

Но типичный экспериментатор XX века не таков. Он лишь покупает, заказывает и в крайнем случае собирает готовую аппаратуру. Вполне возможно, что он не очень свободно разбирается в устройстве установки, с помощью которой работает. Если что не ладится, он прибегает к чужим советам и помощи.

Талант исследователя этого типа заключается прежде всего в умении остро и точно поставить проблему. Новизна такого исследования должна заключаться в создании для явления новых необычных условий, раскрывающих его с неожиданной стороны. Или, скажем, в одновременном сопоставлении разных свойств и качеств исследуемого вещества.

Иногда результат эксперимента виден сразу, как это бывает большей частью при получении электронно-микроскопического снимка или при измерении конкретного свойства вещества. Но во многих случаях исследование требует увлекательной и сложной расшифровки. Зачастую нужно провести колоссальные по объему расчеты и привлечь на помощь быстродействующие электронные машины. Тогда экспериментатор проводит большую часть своего времени за письменным столом, хотя теоретиком его называют лишь аппаратурщики.

Большая часть экспериментаторов вполне удовлетворяется сознанием, что найдены новые интересные факты, и на этом работу свою заканчивает. Иногда, если предоставляется возможность, они сопоставляют результаты своих находок с существующими теориями, даже следят за чужими теоретическими работами, но при этом все время ищут идеи для постановки новых экспериментов.

Разумеется, интереснее работать руководителю экспериментальной лаборатории, которая обрабатывает результаты опытов «для себя». В этом случае эксперимент служит для проверки своих идей, служит толчком для развития и усовершенствования своей теории. Однако редко бывает так, чтобы экспериментальный материал, добытый в одной лаборатории, был достаточен для создания и проверки теории. Различие между «своим» и «чужим» экспериментом начинает стираться.

Вероятно, поэтому исследователи, имеющие вкус к теоретическому мышлению, часто не испытывают желания самим ставить эксперименты. Они хозяева экспериментальных работ всего мира. А если для проверки той или иной научной идеи нужно поставить специальный опыт, то не так уж трудно договориться с «чистым» экспериментатором, действующим в той же области физики, чтобы он оказал помощь теории.

На девять десятых работа физика-теоретика заключается в том, чтобы думать; остающаяся десятая падает на вычисления, обсуждение проблемы и написание работы. Такое состояние интенсивной работы мышления хорошо известно членам семьи теоретика и даже его малым детям.

– Маша, пойдём к папе?

– Нельзя, он работает.

– Он ничего не делает. Видишь, просто сидит в кресле.

– Да нет же, работает. Посмотри на его глазки.

Впрочем, не только детям. Кинорежиссеры уже не раз использовали отсутствующий, напряженный взор в качестве признака включенного мозга.

Для табельщика теоретик – неприятное явление. Когда и сколько он работает? Могу заверить читателя: продолжительность рабочего дня мозга теоретика превосходит самые жесткие нормы. Конечно, наибольший результат дает работа за письменным столом. Но мыслительный процесс идет все время – за обедом, на заседаниях, в поезде метро; даже когда исследователь будто бы занят другим делом, все равно переборка заключений, мотивировок, возражений и т. д. не прекращается.

Как рождается новая научная идея? В чем механизм творчества? Не сомневаюсь, что ответ на эти интересные и пока таинственные вопросы рано или поздно будет получен.

Известно, что последовательность логических шагов приводит к цели. Но дорога пролегает через сложный лабиринт, и мозг должен найти в нем правильный путь. Шаг сделан, куда идти дальше? Предоставлены десятки и сотни возможностей – каждая из них должна быть взвешена. Как альпинист долго ощупывает упор, прежде чем поставить ногу, так и мысль: примеривает к каждому следующему шагу факты, которые надо объяснить, идеи, которые надо

отвергнуть или вписать в новую теорию.

Чтобы путь был успешно пройден, мысль должна быть предельно напряжена. Маленькое ослабление внимания – и вот уже сделан логический просчет; подвела память – и важный факт остался в стороне.

Кто же успешно пройдет дорогу? Безусловно, лишь тот, у кого хорошая память, кто умеет строго мыслить, кто обладает способностью не терять нить сложной логической схемы. К этим качествам ума надо еще добавить одно свойство характера.

Я не раз слышал такие слова: «Попал я однажды в общество молодых физиков – хорошие ребята... Но знаете, что мне не нравится? Говорят обо всем определенно, даже с апломбом. Пожалуй, чересчур они самоуверенны».

Я думаю, что это не случайно. Чтобы стать хорошим исследователем, самоуверенность необходима. Конечно, речь идет об уверенности в силе научного мышления, а не о самоуверенном поведении нахала, не считающегося ни с чем, кроме своих желаний.

Для размышляющего физика не должно быть ничего сильнее его логики. Предположим, проведено рассуждение, несколько раз мысленно он проверил путь, который привел его к некоему результату. Но то, что получилось, противоречит принятому мнению, не согласуется с точкой зрения корифеев науки. «Ну, где-то я ошибся, – заключает исследователь, – попробуем подойти к вопросу с другой стороны».

Не получится видного ученого из такого исследователя. Судьба уготовила ему лишь вторые роли. Настоящий ученый не отступит, встретив голословное суждение авторитета.

Десять, сто раз проверит он свои рассуждения, исходя всякий раз из принципа: либо моя логика безупречна, либо я сделал ошибку. Он отмахнется от возражений, основанных лишь на ссылке на авторитет. Желая доказать его неправоту должен указать фальшивое звено в цепи его рассуждения. А до тех пор, пока это не сделано, он верит в свое мышление, и... тем хуже для фактов, если они не укладываются в его схему.

Хорошо известно, что в большинстве случаев физики-теоретики (и математики) делают свои лучшие работы в раннем возрасте. Вот убедительные примеры.

**Ньютон сделал свое величайшее открытие в 27 лет; Максвелл – в 29 лет; Гейзенберг – в 24 года; Эйнштейн – в 25 лет; Лобачевский – в 33 года; Галуа – в 19 лет.**

**Исключения редки, но есть. Шредингер предложил свое уравнение, когда ему было 38 лет.**

Объяснение этого интересного обстоятельства основывается, мне кажется, на аналогии со спортом. С возрастом теряется способность полностью выкладываться в краткие мгновения. А в юности мобилизация всех физических сил на мгновения или секунды приводит к феноменальным рекордам.

Может быть, с возрастом теряется такая же способность мобилизации духовных сил. То, что называется гениальным прозрением – это как молния, – достигается на высочайшем накале, на который способна лишь молодость.

У зрелого исследователя и знаний больше, и опыта больше, может быть, даже больше и таланта, но он уже потерял способность собирать все эти свои свойства и на краткие мгновения включать их на полную мощность. Говоря языком физика, у зрелого может быть больше мыслительной энергии, но мозг молодости способен работать на более высоких мощностях. Вот почему в математике и в теоретической физике – преимущество у молодости. Но там, где успех зависит в первую очередь от глубокого и многостороннего анализа фактов, а так обстоит дело в экспериментальном естествознании, и где напряженное синтетическое мышление играет второстепенную роль, в этом случае, как и следовало ожидать, преимущество переходит к зрелости. Дарвин, Менделеев, Павлов, Рентген – вот корифеи, обогатившие науку своими открытиями в зрелом возрасте.

Из того, что сказано, следует один вывод общественной важности: богатство государства измеряется не только промышленным потенциалом, протяженностью дорог и природными ресурсами, большое число талантливых людей стоит дороже материальных ценностей. Не случайно американцы предприняли все возможные меры и чуть ли не из-под огня сражений вывезли в США лучших ученых завоеванной Германии.

Юные годы потенциального теоретика могут сложиться так, что талант его останется

нераскрытым. Потеря 3–5 лет может здесь оказаться роковой. Поэтому поиск талантливой молодежи и предоставление ей необходимых возможностей для развития – важная задача.

Ряд ведущих теоретиков нашей страны это прекрасно понимает. О мерах, принятых для выявления в каждом селе и маленьком городе молодого человека с задатками теоретика естествознания, много писалось в наших газетах. Ничего похожего не делается, насколько мне известно, в капиталистических странах.

Забота об общественном деле вошла в плоть и кровь советского человека. С большой увлеченностью множество наших крупных ученых занято организацией конкурсов, с помощью которых разыскиваются юные таланты, создаются специальные школы, где способные ребята обучаются по особым программам.

Зрелые математики и физики, любящие свою науку и сознающие свой общественный долг, находят удовлетворение не только в содействии этим общественным мероприятиям. Все, что можно сделать самому для того, чтобы помочь молодому таланту стать на рельсы, делается с величайшей охотой. Вот как поступал наш крупнейший физик-теоретик, академик Ландау. Любой молодой человек мог явиться к нему на квартиру и поведать о своем желании быть его учеником. На этом юридическая часть отношений кончалась, и начиналась работа по существу. Энтузиаст должен прежде всего сдать экзамен. Затем Ландау рассказывает ему, что надо прочитать, какого типа задачи научиться решать, заносит фамилию будущего ученого на лист разграфленной бумаги и отпускает. Если в следующий визит юноша удовлетворительно отчитывается в своей работе, то около его фамилии появляется первый крестик.

Далее следуют новые инструкции и все более сложные задания. Кажется, 5 или 6 крестиков надо получить, чтобы выдержать искуc. После этого молодой человек начинает получать, исследовательские задания, ему разрешается посещение научных семинаров, он поставлен на рельсы. Дальнейшее зависит от его таланта и трудолюбия...

Если вспомогательным отрядом экспериментатора являются аппаратурщики, то теоретикам помощь оказывают исследователи, занимающиеся математической физикой. Так же, как существуют исследователи, которым все равно, что мерять, лишь бы была великолепная аппаратура, существуют лица, которым все равно, что считать, лишь бы расчет был оригинален и точен. Так же, как у экспериментатора доля внимания к аппаратуре колеблется от нуля до ста процентов, у теоретика доля труда, затрачиваемая на вычисления, может колебаться очень сильно.

Многие теоретики любят проводить все свои выкладки от начала до конца, стремясь довести их, как говорят, «до числа», то есть до возможности непосредственного сравнения с опытом. Другим эта работа не по душе, и они удовлетворяются поисками лишь общих математических формулировок физической проблемы.

В общем, как говорится, «мамы всякие нужны». Фронт работников естествознания простирается с аппаратурного фланга до математического.

Проблема взаимодействия этих исследователей, существенно различающихся по вкусам и очень часто совершенно неинтересных один для другого, принадлежит к числу труднейших. Экспериментаторы зачастую не находят в себе энергии, чтобы даже разобраться в сущности теории, скрытой от них лесом многоэтажных формул. Они в работах теоретика обращают внимание лишь на заключения, которые можно сопоставлять с опытом. С другой стороны, усложнившаяся методика эксперимента не позволяет теоретику судить о его достоверности, и он берет на веру цифры своего экспериментального собрата и иногда строит теоретические рассуждения на песке.

Члены этих групп исследователей должны быть как-то друг с другом связаны хотя бы несколькими линиями. Первая линия – это общность методики. Скажем, я занимаюсь рентгеноструктурным анализом, и этот же анализ применяют в институте металлургии. Мы пользуемся одинаковыми рентгеновскими трубками, аппаратами, камерами. В методике расшифровки рентгенограмм также есть много общего. Но на этом «родство душ» кончается. Мне совершенно не интересны структуры и свойства металлов. Для них ребусом выглядит формула любого органического соединения, которая интересуется меня. Значит, методику можно считать связующим фактором. Но так как она используется в совершенно различных целях, то связь эта слабеет.

Вторая линия связи – это общность предмета при разных методах изучения явления. Например, естествоиспытатели занимаются изучением структуры органических молекул, но один оптически, а другой – рентгенографическими методами. И эта связь слабеет теперь уже из-за специфических различий в инструментах исследования.

На этом проблема связей не кончается. Интересы в области теории могут привести исследователя в чужой стан. Часто встречаются теории, имеющие совсем различные применения, но чрезвычайно близкие по математическим методам представления и вычисления явления. Такие теории также могут стать линиями связи, если ими заинтересуются представители различных групп исследователей.

Словом, соприкосновения современного естествоиспытателя с другими учеными можно представить себе сложным многогранником, к сторонам которого подходят разные фигуры, не имеющие уже между собой совершенно ничего общего. Действительно, исследователь, профессия которого рентгенография органических веществ, водит знакомство как с рентгенографами-металловедами, так и с оптиками, изучающими органические соединения. А эти две группы людей и не слышали никогда друг о друге.

Как видите, опять и опять приходится возвращаться к проблеме непрерывности и сложного взаимодействия всех участков научного фронта. Успех металловедения может сказаться на достижениях молекулярной биологии. Отставание в области спектроскопии может затормозить развитие рентгенографии.

Для расцвета любой области науки важен общий фон научного подъема.

## Глава 14 Широка твоя дорога

*...повествует о том, что к физикам относятся благосклонно не только лица, любящие науку, но и директора фабрик и заводов, озабоченные выполнением производственных планов. Выясняется также, что занятие физикой превосходно совмещается с участием в экспедициях.*

Нам не удастся рассказать читателям о физиках, возглавляющих разработку прикладных проблем первой государственной важности и взваливших огромную ответственность на свои плечи. Чтобы успешно работать, этой группе ученых надо обладать всеми свойствами лучших физиков и, плюс к этому, выдающимися организаторскими способностями. Когда-нибудь будет написана книга, посвященная исследователям такого склада характера и рабочего стиля, как у Курчатова и Вавилова, рассказывающая о роли физиков в укреплении военной мощи нашего государства. Большой и важный разговор о деятельности этих исследователей – за пределами нашего повествования. Но было бы несправедливо не посвятить хотя бы одну главу тем девяти десяткам, а то и девяносто девяти сотым физиков, которые работают в отраслевых лабораториях.

Не надо думать, что мы обнаружим резкие различия в таланте и знаниях физиков-прикладников и тех, кто занимается естественными науками.

При желании и их можно поделить на теоретиков, экспериментаторов и аппаратчиков. Правда, специалисты по измерениям в оркестре прикладников играют первую скрипку: очень значительная доля прикладных исследований направлена на создание новой аппаратуры, усовершенствование существующих приборов, придумывание новых способов измерения самых различных физических величин.

Многие физики-прикладники не занимаются исследованием. Они управляют сложными приборами и выполняют с их помощью каждодневную аналитическую или контрольную работу.

Бурный рост прикладной физики приводит к отпочкованию от нее отдельных дисциплин. И электроника, и автоматика, и энергетика, по сути дела, разделы прикладной физики. Но эти области разрослись так широко, что подготовку специалистов в них взяли на себя отраслевые вузы. И тем не менее четкую линию раздела провести между ними крайне затруднительно.

Сплошь и рядом над одной проблемой работают как выпускники физического факультета университета, так и факультета электроники технического вуза. Поэтому я надеюсь, что читатель, пробегаая глазами эти страницы, не станет пререкаться с автором на тему – прикладная это физика или какая другая наука?

Итак, о физиках, которые находятся на службе...

**...промышленности.** Представим себе современный завод авиационных моторов. Это гигант, тысяч на двадцать рабочих. В нем цехи по производству картеров, коленчатых валов, вкладышей, шатунов... К центру завода – сборочному цеху – стекаются потоки деталей, которые, соединяясь вместе, превращаются в двигатель. Готовый мотор испытывается на стенде, подписывается акт, свидетельствующий о безупречном качестве, и мотор можно монтировать на самолет.

Конечно, успешные стендовые испытания двигателя не плохая гарантия. Но не сто процентов. А ведь речь идет об авиационном моторе, поломка которого может стоить многих человеческих жизней. Чтобы это было так же невероятно, как землетрясение в Москве, гарантию качества должен дать каждый цех, а не только сборочный. Тот, кто делает шатуны, обязан поручиться за каждый из них; немыслим дефектный вкладыш; недопустимы царапины на коленчатых валах и внутренние пустоты в картерах.

Чтобы с полной ответственностью объявить абсолютную бездефектность детали, нужен контроль. Самые различные физические методы приходят контролю на помощь. Просвечивание рентгеновыми лучами позволяет найти в металле неоднородности любого сорта. Самые маленькие трещины и включения будут обнаружены придирчивым взором физика, рассматривающего рентгеновскую пленку или наблюдающего за светящимся экраном, на котором четко обрисовывается тень детали.

Рядом со станком, на котором точат коленчатые валы, расположен прибор для нахождения мельчайших поверхностных трещин методом магнитной дефектоскопии. Вал намагничивается и в этом состоянии обливается жидким маслом, в котором взвешены магнитные частицы. Масло стекает, а частицы прилипают к тем местам металлической поверхности, где есть не видимые глазом трещинки.

Магнитные приборы имеются и в других цехах. Неправильная термическая обработка, неверная толщина наплавляемого слоя – эти ненормальности сказываются на свойстве, называемом магнитной восприимчивостью. Задача физика – разработать разные способы измерения этой величины, и чтобы они были быстрыми, удобными, точными и сочетались с формой детали, с материалами, из которых она изготовлена. А новая деталь – новая проблема.

За хорошую работу рентгеновских аппаратов, за разработку новой методики просвечивания отвечает рентгеновская лаборатория завода. За налаживание во всех цехах магнитных измерений несет ответственность магнитная лаборатория.

Металлургический завод немыслим и без спектральной лаборатории. Наиболее эффективным является применение спектрального анализа для непрерывного контроля состава сплава, который готовит литейный цех. Сплав должен удовлетворять строгим требованиям. В технических условиях перечислены все нужные добавки, содержание которых должно укладываться в заданные рамки, например не больше 3, но и не меньше 2.5 процента. Указаны также допустимые пределы содержания нежелательных примесей: допустим, не больше 0.01 процента.

Наверное, некоторым читателям представляется такая картина: мастер держит в руках технические условия, перед ним точнейшие весы.

– Отвесить 25.17 килограмма меди, – командует мастер, – а теперь 3.25 килограмма кремния.

Оказывается, такая картина не имеет и отдаленного сходства с действительностью. В плавильную печь загружается различное смешанное сырье и бракованные детали так, что заранее состав не может быть точно известен. Как только шихта расплавилась – немедленно нужны сведения о составе. Пневматической почтой направляется проба в лабораторию. Считанные секунды – и образец зажат в держателях спектрографа. Поворотом ручки подано напряжение, кончик образца нагрет выше температуры Солнца. Металл начинает испаряться. В пламени дуги светятся атомы – каждый сорт атомов по своему неповторимому закону. Свет,

излучаемый атомами, падает на стеклянную призму, а она разворачивает в спектр заключенное в нем богатство цветов. На экране, на фотопластинке или на телевизионном экране вспыхивают линии.

Своих характерных представителей имеет среди частотола спектральных линий каждый сорт атомов.

– Линия железа слишком сильна! Процент железа надо уменьшить! – командует спектральная лаборатория и сообщает результат анализа по телефону.

Мы описали работу трех лабораторий, в которых успешно трудятся физики. Их может быть и больше. На многих предприятиях физический отдел составляет что-нибудь около половины или трети центральной заводской лаборатории.

Работа в физическом отделе крупного завода с разнообразным и меняющимся ассортиментом продукции требует большой изобретательности, остроумия, широкого образования. И, кроме того, – это уже подчеркивалось в другом месте – надо знать не только физику, но и ту область, которой физика служит.

...медицины. Не знаю, фигурирует ли в официальных документах термин – медицинская физика. Если нет, то не сомневаюсь, что скоро появится. С каждым годом физические методы измерения все шире используются в диагностике. Сложнейшие физические приборы появились в операционных палатах. И лишь не видно заметного прогресса в проникновении физики в лечебную практику. Кварцевая лампа и аппарат д'Арсонваля по-прежнему являются основными орудиями физиотерапевта. Возможно, это мое мнение как неспециалиста неверное, но должен заметить, что обратила на себя внимание лишь одна новинка – электросон. К голове пациента прилаживают электроды, и несложная установка посылает ритмичные импульсы, убаюкивающие человека, страдающего самой злой бессонницей.

Нетрудно понять, почему физические методы заняли передовые посты в диагностике. Крайне разнообразны физические процессы, протекающие в организме, и все они поддаются объективному физическому контролю. Скажем, микрофоны, присоединенные к усилителям, могут измерять все шумы и стуки сердца, специальные же приборы разложат эти колебания в спектр. А известно, что у больного и здорового человека такие спектральные кривые совершенно разные. Я вспоминаю, что в Азии врачи различают до сотни различных пульсов. Длительное и тщательное прощупывание пульса служит основным диагностическим средством. Поскольку такой диагностике, видимо, не легко научиться, то почему бы не поручить эту задачу звуковому анализатору.

Измерение кровяного давления сейчас не сложнее измерения температуры градусником. Но результат такого измерения весьма груб. А почему не придумать иной способ измерения скорости движения крови по различным артериям и венам, который показывал бы любое малейшее отклонение от нормы!

Варварским способом анализируют врачи желудочный сок. Признаюсь, мне делали такой анализ один раз в жизни и... я больше делать не буду. Заглатывание длинной резиновой кишки слишком ярко запечатлелось в памяти.

А нельзя ли добиться следующего: предложить пациенту проглотить маленький приборчик, который, путешествуя по пищеводу, стал бы по дороге проводить анализ и радиосигнализацией сообщать о том, что там внутри делается. Фантастика? Ничуть! Уже имеются такие предложения и как будто выполнены они не только на бумаге.

Исключительные возможности для диагностики дает применение меченых атомов. Счетчики превосходно ощущают на расстоянии ничтожные количества радиоактивного вещества, столь ничтожные, что они не оказывают организму ни малейшего вреда. Быстрота усвоения и движение того или иного элемента по организму успешно прослеживаются этим методом.

Сокращения сердца сопровождаются токами, которые меряет электрокардиограф. Многолетние наблюдения позволили врачам установить соответствие между видом электрокардиограммы и болезненным состоянием организма. Для извлечения из этого метода всех его возможностей нужна теория – картинки пиков и зазубрин должны получить свое объяснение.

Кривые электрической активности мозга, которые получают прикладыванием

электродов к черепной коробке, могли бы многое рассказать нам о состоянии нервной системы. Могли бы, если бы мы научились расшифровывать их загадочные волны. А нам далеко еще до этой цели. Правда, накопление и обработка опытного материала идут полным ходом. Токи мозга немедленно отзываются на все ощущения – вкус соленого или сладкого на языке, музыка или шум, световой сигнал разной яркости и цвета. Любое ощущение сказывается на этом пока что таинственном носителе информации. Различные места головы по-разному реагируют на внешние раздражения. У больных и здоровых людей кривые разные.

Сначала наблюдатель токов мозга приходит в уныние от бесконечного разнообразия кривых. На экране осциллографа бьется, как в лихорадке, запутанная причудливая кривая. Видно только, что она меняет свой вид, когда мозг отзывается на какое-нибудь событие. Но как разобраться в ворохе пиков?

Недавно был достигнут существенный прогресс в анализе загадочных кривых. Электрические токи, прежде чем поступить на рассмотрение исследователя, подвергались обработке быстродействующей электроносчетной машиной. Остроумно составленная программа позволяла отсеивать «случайные» беспорядочные пики. Была поставлена задача вытащить из кривой тока только те пики, которые регулярно повторяются. В результате удалось сопоставить внешнему раздражителю характерное изменение токов мозга. Эти исследования (они только-только начались) представляются чрезвычайно многообещающими. Хочется думать, что через десятилетия станет возможным прямой «расспрос» нервной системы о ее самочувствии.

Целый ряд замечательных успехов хирургии был бы невозможен без привлечения к работе физиков. Многие слышали, конечно, о замечательных операциях на сердце. В ряде случаев они возможны лишь при существенном снижении температуры тела. Это достигается разными методами. Например, можно отвести кровяной поток от его обычного русла, пропустить через охлаждающую установку и вернуть телу, охладив на несколько десятков градусов.

Хорошо известные физикам приемы регулирования температуры были поставлены на службу медицины.

Физики в медицине заняты сегодня творческим трудом. Приборы и аппараты, придумываемые ими, должны быть предельно просты в эксплуатации и хорошо работать в руках врачей, которые имеют право не разбираться в их принципе действия и устройстве.

В медицине работают обычно физики, входящие в отряд аппаратурщиков. Широкое значение экспериментальной физики, свободное знакомство с техникой всех физических измерений, техническая сметка, хорошие руки и специфическая интуиция, позволяющая из многих решений, ведущих к цели, выбрать самое эффективное и простое, – вот те требования, которым должен удовлетворять этот исследователь.

...филологини.

Не хочет ли автор сказать, что в институте, где изучают грамматику и синтаксис, анализируют строение фраз, сопоставляют корни разноязычных слов, описывающих одно понятие, будет действовать физическая лаборатория? Зачем же вести речь о будущем! Загляните, например, в Московский институт иностранных языков – там давно уже работают физики.

Давайте прежде всего вспомним, что в число языковых дисциплин входит фонетика – учение о произношении слова. Каждый изучавший иностранные языки прекрасно знает, что за орешек чужое произношение. Если не выучиться правильно выговаривать иностранные слова, тебя не поймут. Впрочем, самое главное – это приучить ухо к чужому произношению. Совершенное знание языка состоит прежде всего в свободном понимании речи иностранца.

Чтобы научиться понимать чужую речь со слуха и открыть тайны правильного произношения, учитель иностранных языков должен знать фонетику. Не трудно понять, что обучение фонетике может быть вознесено на совершенно новый уровень, если привлечь на помощь спектральный анализ звука.

Частоты колебаний звуковых волн, которые создают в окружающем воздухе оживленно болтающие собеседники любых стран и народов, лежат примерно в пределах от 300 до 5000 герц. Как известно, любое звучание объективно обрисовывается спектральным составом звука. На холодном языке физики различие между паническим криком, мелодично пропетой нотой

или возгласом восторга лишь в том, что разные частоты колебания представлены в звуковой волне с разными интенсивностями.

Существуют великолепные и далеко не простые физические приборы – анализаторы звука, которые позволяют перевести на язык цифр шипящее английское «th» или колокольчиковое французское «en».

Конечно, у различных людей разный тембр голоса. Поэтому наиболее интересной задачей является поиск тех общих признаков, которые характерны для «усредненного» произношения иностранца.

На спектральную звуковую кривую влияет и интонация, которая может быть весьма различной у одного и того же человека. После консультации у врача больной язвой желудка возвращается домой.

– Доктор сказал резать! Резать? – спрашивает бедняга у жены.

Одинаковые слова звучат по-разному. Изменением одной лишь интонации меняется смысл фразы. Как отражается интонационная окраска на звуковом спектре? Это интересный для филолога вопрос, который только в последнее время начали исследовать.

Много новых проблем в языкознании всплыла наружу, когда начались систематические работы по машинному переводу с одного языка на другой. Прежде чем научить машину производить какие-либо операции, надо до самого доньшка понять сущность задачи тому, кто составляет программу для машины. Кстати говоря, не только в филологии, но и во множестве других областей эта необходимость привести в строжайший порядок свои собственные мысли приносила и будет приносить исследователям пользу.

Занявшись обучением машины переводу, математики-филологи обнаружили, что раньше надо получше самим разобраться в том, как и почему мысль находит свое выражение словами. Надо ответить, почему мы говорим так, а не иначе, почему порядок следования слов в одних случаях фиксирован, а в иных – произволен. Скажем, «он взял чашку со стола», но не «чашку он взял стола». В то же время ничуть не хуже первого варианта – «он взял со стола чашку». Машина должна знать, что второй вариант плохой. Но в процессе ее обучения перед нами, естественно, встает вопрос, а чем же хуже второй вариант?

В поисках удобного языка, обладающего исчерпывающими возможностями для передачи самых сложных мыслей, филологи установили, что правила такого языка могут быть во много раз проще правил живой речи. Сразу же возник вопрос, имеются ли основания для бесконечного числа оттенков, которые могут быть приданы одной и той же мысли игрой словами?

Изучая законы конструирования фраз, филологи приходят к заключению, что природу нельзя упрекнуть в расточительстве. Богатство языка, гибкость речи и многообразие представлений одной мысли являются, как оказывается, способом разгрузки памяти. В ряде последних работ показано, что упрощение языка привело бы к необходимости увеличения «глубины» памяти. Как бы это пояснить?

В языке с упрощенными и однозначными правилами речи нужное слово находится в ящичке мозга, к которому ведет один-единственный путь. Где-то в одном из тупиков лабиринта лежит нужная вещь. Путь к ней только через один вход, остальные ворота не ведут к цели; и, следуя по первому коридору, надо сделать поворот направо, в третий переулок, другие повороты к цели не приведут.

В реальном языке нужное слово спрятано не глубоко; к ящичку, где оно хранится, ведет множество путей. Насколько упрощается поиск нужной вещи, если можно войти в лабиринт через несколько ворот и наткнуться на нужную вам вещь сразу!

Глубина памяти здесь – отрицательное свойство (лучше было бы филологам изменить терминологию, со словом «глубина» ассоциируются комплименты). Она характеризуется «числом поворотов», которые приходится сделать, чтобы добраться до нужного слова. Теория, с которой я познакомился, утверждает, что наш язык (таков, как он есть) позволяет обходиться наименее глубокой памятью.

– Чрезвычайно увлекательные исследования, но при чем здесь физики? – спросит читатель.

Право, чтобы разобраться в проблеме, надо обладать хорошим физическим мышлением.

Математическая филология может быть отнесена к естествознанию по той причине, что эти исследования неразрывно связаны с проблемами параллелей в работе мозга и электронно-счетной машины.

...науки о Земле. Он рассказывает о тропических закатах и полярных сияниях, о необитаемых атолловых островах и живописных оазисах в пустыне. Его слушают, ему завидуют. Шутка ли, где только человек не побывал, чего только не видел этот географ-путешественник! А что интересного может рассказать физик, если он ограничен стенами лаборатории?

Такая точка зрения казалась, вполне естественной. И правда, еще не так давно географы-путешественники были монополистами в описаниях сказочных красот земли и необыкновенных и загадочных явлений природы. Но времена переменялись! Теперь физики поднимаются на аэростатах, плавают на подводных лодках, опускаются в кратеры вулканов. Они зимуют на Северном полюсе, проникают в глубь Антарктиды, совершают кругосветные плавания. А географы? Им приходится проводить время в тиши научных кабинетов, для того чтобы усиленно изучать физику. Иначе они рискуют тем, что физики не будут брать их с собой в милые их сердцу экспедиции.

Пришло время, когда лабораторией физика стал весь земной шар. И опыты в этой лаборатории иногда связаны с такими экзотическими путешествиями, которым могут позавидовать знаменитые первооткрыватели. Пожалуй, морская геофизика в этом отношении вне конкуренции.

На гребнях океанских волн показалось маленькое деревянное судно под парусами! Нет, это не остатки пиратской флотилии XIX века. Чтобы изучить магнитное поле нашей планеты, физики на антимагнитной шхуне «Заря» бороздят Мировой океан. Физика, проплававшего на «Заре», не удивишь никакими рассказами о диковинках заморских стран, о тропических ливнях и тропической жаре, о нравах туземцев на островах Полинезии.

А не заманчивы ли кругосветные путешествия «Витязя» – этой огромной плавучей лаборатории? Физики являются обычно не только участниками походов «Витязя», но диктуют капитану маршруты в соответствии со своими научными планами. Планы же эти многообразны и увлекательны.

Ограничусь лишь одним примером.

Океанские глубины «достигают» высот Эвереста. Покоится или движется вода на дне океана, отдаленном на многие километры от земной поверхности? Может ли частица воды из таких глубин подняться на поверхность или нет? А если может, то сколько времени на это ей понадобится?

«Что за странные вопросы? – спросит читатель. – Кому это нужно знать?»

Еще в сороковых годах отходы атомной промышленности было предложено сбрасывать в глубины океана. Но что, если воды вынесут эту радиоактивную отраву с глубин на поверхность? Что случится с рыбой? А с человеком, съевшим эту рыбу?

Очевидно, вопрос о времени, нужном на такой подъем с глубины на поверхность, является решающим. Если это время оказалось бы значительно больше времени распада радиоактивных атомов, то отходы, достигшие поверхности, были бы уже безвредными. А если нет? Кто отважится тогда сбрасывать радиоактивные отходы в океан?

Так родился интерес к проблеме глубинной циркуляции вод в океанах. Потрудиться пришлось как физикам-экспериментаторам, так и теоретикам.

Экспериментаторам надо было учиться измерению скорости течений на глубинах в несколько тысяч метров да к тому же заранее учитывать, что эти скорости очень невелики – всего лишь несколько сантиметров в секунду. Так как точные измерения трудны, а то и невозможны, сотрудничество теоретиков в расчетах тех же скоростей глубинных вод необходимо. Ответы физиков на поставленный вопрос были жизненно важны для судьбы океана.

Экспериментаторы изобрели поплавки нейтральной плавучести, которые опускались на большие глубины. По их перемещению в течение длительного периода времени удалось определить, что на больших глубинах возможны интенсивные движения вод. Так был впервые зажжен красный свет сбросу радиоактивных отходов в глубь океана. Теоретики хотя и не пришли к вполне согласующимся между собой результатам, однако получили следующий

наиболее важный вывод: частицы воды могут подняться с глубин океана на его поверхность за время, сравнимое с временем распада наиболее активных элементов в продуктах отходов.

Итак, теоретики и экспериментаторы установили такой неоспоримый факт: опасность заражения океана в случае использования его как кладбища для радиоактивных отходов существует.

Вот видите, какими важными проблемами занимаются путешествующие физики.

Но для профессии физика не заказана и земная бродячая профессия – геологическая разведка.

В геофизике есть раздел – гравиметрия. Это учение об измерении тяжести. В разных местах земного шара одна и та же граммовая гирька весит (то есть притягивается землей) по-разному. Различия обнаруживаются с помощью на редкость точных приборов, скажем, кварцевыми крутильными весами. Устроены и работают они так. Горизонтально натягивается кварцевая нить, к ней приваривается рычаг. Взвешиваемый груз заставляет рычаг слегка закрутить нить. Силы в миллионные доли грамма измеряются подобными весами.

Со своими приборами физики отправляются в далекие путешествия и там наблюдают за поведением гравитаций. Изменение силы тяжести против «нормы данного места» говорит о том, что под землей есть руда. Местные аномалии (отклонения) силы тяжести служат физику так, как маленькому Муку из сказки Гауфа служила волшебная палочка, стучавшая о землю там, где находилось золото или серебро.

Практическое значение подобные методы разведки имеют для поисков нефти. Гравитационные методы легко обнаруживают подземные соляные купола (сила тяжести понижается в этих местах), а очень часто в местах, где есть соль, оказывается и нефть. Так было открыто «черное золото» в Казахстане.

Конечно, интересно быть геофизиком и иметь возможность много путешествовать. Но ведь в конце концов может надоест разъезжать по белу свету. Что же тогда? Менять профессию? Нет, геофизик может трудиться и в лаборатории.

Возможно, сочетание слов «геофизик» и «лаборатория» покажется странным. Ведь геофизик исследует природу, его инструменты должны быть установлены на воле и улавливать закономерности в течениях рек, в порывах ветров, в сверкании молний, а это не установишь, работая в четырех стенах. И все же это не совсем верно. Не говоря уже об изготовлении и изучении действия сложной аппаратуры, геофизик может посвятить свою жизнь изучению вселенной путем моделирования природных процессов. Более того, в некоторых случаях такой путь является основным. Конечно, интересно ловить приборами настоящую молнию в грозовых районах. Но грозы бывают не так часто, да и природа предоставляет в наше распоряжение не «чистое» явление, а осложненное массой побочных случайных факторов, затемняющих главное. Поэтому в законах молний не разобраться, если не изучать в лабораторных условиях искусственную молнию. На модельной установке можно по очереди испытать роль разных факторов и лишь потом попытаться проверить установленные правила, изучая природное явление, в котором все факторы действуют одновременно.

Сверхвысокие температуры, царящие на солнце, сверхвысокие давления, которые действуют в сердцевине земного шара, высокий вакуум, сильно ионизированный воздух можно осуществить в лабораторных условиях, изучить особенности этих необычных условий и таким образом подобраться к важным выводам для науки о Земле.

## Глава 15 Физики и лирики

*...в которой автор не счел возможным остаться в стороне от дискуссии об отношении физиков к искусству и поэтов и художников к физике. Под названием «физики и лирики» обсуждались эти вопросы в нашей печати. За рубежом их знают «как проблему двух культур».*

Доказывать человеку, который ежедневно слушает радио, смотрит телевизионные передачи, отправляется в отпуск на реактивном самолете, рассматривает в газете фотографии

скрытой от нас стороны Луны, одевается в капроновые и нейлоновые изделия, что достижения физики вошли в его жизнь, – значит ломиться в открытую дверь. Мы и не станем этого делать. Но нашествие физики на современника не ограничивается внедрением в быт новой продукции. Физика «производит» не только вещи, но и идеи. Физическое мышление незаметно, но настойчиво, все более завоевывает области духовной жизни. Как нам кажется, это «нашествие идей» представляет не меньший, а может быть, и больший интерес, чем «нашествие вещей».

Подходить к событиям в мире людей с тех же позиций, что и к явлениям мира атомов, молекул или клеток, – это значит, как мы поясняли на предыдущих страницах, искать объективные закономерности повторяющихся явлений.

Объяснить явление – значит показать, что оно представляет собой следствие общего закона природы. Физический метод рассмотрения событий оставляет за пределами внимания все, что не поддается измерению и вычислению. Для физики нет бога, потому что нет способа доказать его существование путем измерений или вычислений. В этом смысле понятия траектория электрона, одновременность события и бог являются родственными: они не имеют смысла.

Научное мышление отбрасывает бездоказательные утверждения. Всякое утверждение должно быть либо доказано на опыте, либо логически выведено из несомненных положений.

Естествоиспытатель описывает мир как он есть. В его мире нет «надо» и «хорошо». Поскольку в мире людских взаимоотношений эти слова существуют, то исследователь будет пытаться их объяснить, то есть доказать, что нужные и хорошие поступки являются такими же логическими следствиями определенных взаимоотношений между людьми и людьми и средой, как и движение спутника по заданной орбите является следствием всемирного тяготения.

Нетрудно понять, что у такого естественнонаучного подхода к событиям в жизни человека и общества будет много противников. Научный подход Маркса, использованный им с неповторимым блеском для объяснения исторических событий, был принят в штыки буржуазными философами и попами по той причине, что при рассмотрении событий в мире людей как закономерного процесса не оставалось места не только для бога, но и для «просвещенных» правителей как творцов истории.

Современное естествознание идет дальше по этому пути и ищет способы объективного описания и объяснения поведения не только общества в целом, но и отдельных его представителей.

Поскольку путь науки состоит в поисках общих законов, то в применении к человеку это на первый взгляд означает отсутствие интереса к мыслям, поступкам и переживаниям индивидуума, то есть к центральным темам искусства. Подобное обстоятельство было использовано многими мыслителями для того, чтобы заговорить о пропасти, которая лежит между мирами науки и искусства.

Разговор этот не новый. В нашем веке эта «проблема» ставилась известным английским писателем Сноу, обсуждалась в последнее время Робертом Оппенгеймером, Алдосом Гексли, Лайонелем Триллингом и многими другими. Независимо от споров, происходящих за границей, бурная дискуссия долгое время занимала и страницы нашей печати. Инициаторами дискуссии явились деятели искусства, обеспокоенные уходящей от них ролью «инженеров человеческих душ». Их тезисом была духовная бедность тех, кто не знает искусства. Представители науки резко возражали против обвинений в нищете духа, которую влечет за собой занятие естествознанием. В конечном счете наши спорщики пришли к заключению, что спор основан на недоразумении и что, собственно говоря, нет и предмета для спора. И все же нам кажется нелишним посвятить несколько страниц «нашествию» физики на искусство.

Так или иначе само возникновение обсуждения темы «Искусство и наука» свидетельствует о все возрастающей роли достижений физики и физического мышления в жизни интеллигентного человека, а значит, представляет интерес для темы этой книги. Проблема очень широкая, но мы остановимся на двух вопросах. Есть ли специфическое отношение к искусству у тех, кому свойственно строгое научное мышление? В какой мере развитие науки сказывается на современном искусстве?

К ответу на первый вопрос – об отношении физиков к искусству – я приступаю с некоторой робостью. Пестрота вкусов общеизвестна. Недавно журнал «Экран» проводил анкету

среди большого числа кинозрителей. Количество диаметрально противоположных мнений было столь велико, что журнал справедливо заключил о необходимости более массового опроса для выяснения статистики мнений. Это вполне естественное заключение, так как национальные различия, социальные условия, возраст, воспитание в семье, наложенное на врожденный характер, создают очень непохожих людей. И было бы странным, если бы оценки искусства у них оказались одинаковыми.

Автор, разумеется, не проводил анкетного опроса среди товарищей по профессии, и поэтому, отваживаясь на некоторые обобщения, заранее предупреждает, что если кто-либо будет с ним не согласен и вызовет на спор, то он не поднимет перчатки.

Начнем с того, что физическое мышление вырабатывает привычку относиться с большим доверием к собственному мнению, чем к мнению других. Поэтому стоит с пониманием относиться к людям науки, когда они пытаются претендовать на самостоятельность в оценке произведений искусства и в наименьшей степени поддаются гипнозу чужих суждений.

Следующая черта во вкусах физиков, которую я подчеркиваю достаточно смело, – это непререкаемое требование сюжетной занимательности в фильме, в пьесе, в романе. Обычно никакие ссылки на исключительную психологическую тонкость автора, достижение им глубин философских обобщений, замечательные формальные находки физиков не волнуют и успеха у них не имеют. А вот приключенческие, фантастические и детективные романы находятся в чести.

Вероятно, это предпочтение свойственно не только физикам, но и всем людям, преданным своей работе. Если книга не увлечет, то мысли невольно возвращаются к любимому делу. Возможно и еще одно объяснение пристрастия к романам со сногшибательно закрученным сюжетом: сказывается неутоленная профессией жажда к активной деятельности, заложенная в каждом.

Вот почему, наверное, бытует мнение, будто людей научной профессии оставляют равнодушными художественные произведения, увлекательные не столько своим сюжетом, сколько эмоциональной насыщенностью. Хотя если в таком произведении нет отклонения от жизненной правды, нет наигранного пафоса и сентиментальности, то оно найдет в среде ученых совершенно нормальное число приверженцев.

Теперь о музыке, стихах, живописи, о тех произведениях искусства, в которых художник разговаривает с человеческим сердцем, «минуя разум».

В большинстве случаев люди, посвятившие себя науке, с удовольствием учатся слушать стихи, музыку и смотреть картины. У меня создалось впечатление, что физики и здесь не составляют исключительности. Свойственное же им любопытство несколько глубже проникает во владения искусства.

Сначала они хотят понять, что заставляет многих людей простаивать часами перед полотнами Рериха или Гогена, слушать с упоением стихи Блока или Ахматовой. Затем эта первичная цель исчезает и гармония слов, красок и звуков находит, вероятно, прямую дорогу в душу.

Тот, кто умеет и любит логически мыслить, возможно, теряет в какой-то мере непосредственность восприятия. По себе знаю, что прямого разговора художника с моей душой не всегда получается.

Но было бы ошибкой думать, что эта примесь рационализма к эмоциональному соку, переваривающему дары искусства, обедняет духовную жизнь человека. При включенном разуме эстетическое наслаждение от произведения искусства не только не падает, но, напротив, катализируется. Я ценю произведения искусства не только за непосредственные эмоции, но и за те мысли, которые у меня возникли (хотел или не хотел этого художник), ибо эти мысли, в свою очередь, являются источником волнения.

Думается, что такое восприятие искусства характерно для людей моей профессии.

Все это находится в прямой связи с эстетическим восприятием научных фактов и законов, о котором уже шла речь при обсуждении вопроса красоты законов и уравнений. Способность с волнением относиться к красивой мысли и к способу ее выражения естественным образом дополняет непосредственное восприятие произведений искусства. Поэтому я никак не могу согласиться с мнением, что рационализм обедняет и сушит человека.

Кроме целей развлечь, взволновать, воспитать чувства, перед искусством стоит задача воспитания идей и правил поведения.

Часто эту задачу считают самой важной. Зрелые люди полагают себя воспитанными и редко сознательно обращаются к искусству в поисках жизненных истин. Искусство, так же как природа, воспитывает незаметно, капля за каплей.

Возможно, что физики, для которых мышление есть профессия, реже ищут в искусстве чистые идеи, чем представители других профессий. И действительно, человек – многострунный рояль. Жизнь же разыгрывает на нем пьесы в пределах одной октавы. Нетронутые струны хотят звучать – это инстинкт жизни.

Музыка, поэзия, живопись вовлекают в игру те струны, которые повседневная работа, постоянные хлопоты, вообще жизнь не балует вниманием.

Мне это кажется главным.

Второй вопрос, который мы хотели обсудить, касается влияния науки на искусство.

В том, что такое влияние есть, нас убеждает возросший интерес к науке со стороны деятелей искусства. В чем же лежат причины, заставившие поэтов посещать научные кружки, читать журнал «Наука и жизнь» и с вниманием и почтением прислушиваться к голосу физиков?

Отношение к науке изменилось на глазах людей моего поколения. В дни моей юности образованному человеку вменялось в обязанность приличное знакомство с живописью, театром, литературой, но, разумеется, никак уж не знание законов и устройства природы. Представлялось очевидным, что понимание смысла человеческого существования, правил общения между людьми, взаимоотношений людей и общества... короче, всего, что составляет ядро жизни, может быть дано только средствами искусства.

Я превосходно помню почти презрительное отсутствие интереса к естествознанию в среде гуманитарщиков в мои студенческие годы. И полную уверенность в том, что познание общечеловеческих истин не имеет ничего общего с проблемами естествознания. За истекшие годы картина переменялась. Сейчас молодые физики уверенно вещают, а их сверстники от литературы и истории с уважением слушают.

Поэты и художники считают своим долгом хоть немного разобраться в физике и биологии. Упреки в непонимании основ теории относительности или квантовой механики в адрес деятелей искусства стали покорно восприниматься как вполне заслуженные. Зачислить Эйнштейна в математики сейчас так же неприлично, как Пикассо в музыканты (пример такого невежества недавно приводил ректор МГУ Александров).

Словом, поэты учат естествознание. Зачем им это понадобилось?

Если при помощи уэллсовской машины времени можно было бы перенести в сегодняшний день тысячу младенцев из древней Эллады или Рима, то результаты воспитания и обучения этих пришельцев из далекого прошлого вряд ли отличались бы от успехов и неудач в воспитании современных детей. Генетические изменения – медленный процесс, и несколько тысячелетий – это мгновение для эволюции. Аристотель и Демокрит попали бы, вероятно, в школу для талантливой молодежи и с успехом изучали бы квантовую механику. Софокл и Аристофан писали бы психологические двухактные пьесы, а молодежь без писательских талантов или способностей к живописи успешно справлялась бы со специальностями радиотехника и слесаря-лекальщика, а в выходной день посещала бы футбольные матчи вместо боя гладиаторов.

За тот срок, в глубину которого нам разрешают заглянуть исторические документы, врожденные характер и страсти человека не претерпели изменений. И все же представители разных веков отличаются друг от друга очень. Различия эти вызываются социальной средой, общественными отношениями, то есть воспитанием. Однако человек во все эпохи оставался и остается человеком. Искусство превосходно отражает это положение дела.

Сердцевину искусства составляют вечные темы – любовь и ревность, дружба и война, противоречивость человеческого характера... Поэтому не только пьесы Шекспира нисколько не устарели, живет на сцене и пользуется успехом театр древней Греции. Стихи Ронсара волнуют нас так же, как и современников великого французского поэта. Статуи Праксителя и скульптурный портрет царицы Нефертити по-прежнему ласкают взор и служат образцом и мерилем таланта современного скульптора.

Но каждое следующее поколение художников стремится выразить мир по-новому. Оставаясь в кругу вечных тем, они стремятся сделать это поисками новой формы и переплетением неумиряющих сюжетов с новыми социальными отношениями.

Настоящий художник в стремлении внести свое в вечные темы искусства жадно вглядывается в современность, ищет цвет эпохи, который должен дать его произведению неповторяющуюся и неповторимую окраску.

Но особенности эпохи не в одних социальных условиях. Завоевания науки привели к техническим открытиям, влияющим на судьбы мира. Успехи естествознания заставили по-новому осмыслить моральные ценности. Чтобы не приводить много доводов, достаточно напомнить о доказательствах материальности духовной жизни.

Разумеется, искусство не может пройти мимо этих изменений. Разве не естественной является мысль (может быть, подсознательная), что в этом влиянии науки на жизнь и надо искать новые, еще не испытанные краски, которые должны сделать неповторимыми вечные темы искусства.

Результаты внимания работников искусства к науке уже налицо. Позитроны и нейтроны замелькали в стихах. Абстрактные полотна стали получать названия вроде «преобразования Лоренца». На сценах театров идет пьеса под названием «Физика». Во многих романах трудовая деятельность героев протекает под сенью научно-исследовательских институтов. Растет число научно-фантастических повестей. Но это все лишь внешние признаки; наверное, основная революция в искусстве все же еще впереди.

Было бы неверным думать, что наука завоеует в искусстве только сюжет. Ведь цель художника – передать читателю или зрителю свое особенное ощущение и восприятие действительности.

Нашествие физики на искусство должно привести к развитию нового поэтического взгляда на вещи и людей. Рано или поздно художественное видение мира будет происходить через призму научного мышления. Имеются серьезные доводы в пользу того, что рано или поздно научное мышление скажется и на поэзии.

Если знаешь природу вещей, то уже не сможешь писать о них так, как во время своего неведения. Английский поэт Китс ненавидел великого Ньютона за то, что тот объяснил радугу и разорвал поэтические связи между радугой и божественными силами. Научное объяснение, по его мнению, обеднило поэзию. Конечно, мы теперь знаем, что это не так. Но важно признание, что после того, как знаешь, не можешь игнорировать этого знания ни при восприятии, ни при выражении его художественными средствами.

Прав ли Китс (а также многие его прошлые и современные единомышленники) в том, что наука депозитизирует действительность? Думается, что в этом нет ни грана истины.

Полагать, что наука мешает поэзии, – значит думать, что поэзия кончается там, где начинают проглядывать ясные связи между явлениями или где становятся видимыми первопричины настроений и страстей человека.

Не правильнее ли считать, что знание природы вещей должно породить богатые поэтические образы? Знание, которым не обладали его предшественники, только оно позволит художнику найти новые слова и краски для создания по-настоящему современных совершенных произведений.

Наши писатели, поэты и художники проявляют к науке значительно больший интерес, чем их зарубежные собратья. Иначе и не должно быть. Ведь у нас работники искусства воспитаны в реалистических традициях. Пренебрежение научными знаниями, которое типично для западных служителей муз, приводит к поискам новизны одной лишь формы художественного произведения. Бессюжетность, увлечение формой, «новый роман» в литературе – все это следствие крушения, поисков нового на старых путях в развитии искусства. Потерпевшие, видимо, не задумывались над тем, какие необъятные просторы для художественного вдохновения представляет современнику феноменальный рост естественнонаучных знаний. Они не поняли, что реализм не исчерпает себя до тех пор, пока не будут меняться наши взгляды на природу и человека.

К молодому читателю, задумывающемуся над выбором своей будущей профессии, особо обращены многие страницы и ряд глав этой книги. Автор поставил перед собой цель

рассказать, в чем состоит профессия физика, показать поистине безграничные возможности этой науки и ее применение чуть ли не во всех областях человеческой жизни. Конечно, физика как профессия сегодня не нуждается в рекламе. Но сведения «по физике», полученные в школе, как правило, не дают верных представлений о профессии физика.

Универсальность физических методов исследования и теорий остается за пределами школьного курса. Юноша или девушка при выборе профессии часто терзается на первый взгляд противоречивыми желаниями. Нет ничего естественнее для настоящего комсомольца, чем желание работать на том участке, который важен сейчас для нашего государства. Поэтому влечет к себе химия. Но в то же время физические приборы кажутся более привлекательными, чем химические пробирки. Или еще – хочется путешествовать, посмотреть страну, а в то же время заманчиво посвятить себя точным математическим расчетам.

Вот почему казалось нужным показать, что эти и многие другие желания не только не противоречивы, но естественным образом совмещаются.

Если попытаться сформулировать цель книги коротко, то придется сказать так: она написана для того, чтобы показать роль и место физики в современной культуре.

Рост значения науки в общественной жизни – дело последних десятилетий. Не мудрено, что до сих пор значительная часть зарубежной интеллигенции имеет несколько смутные представления о существе и содержании научной деятельности. Не редки и суждения, поражающие односторонним взглядом на вещи. Доводы против физики находятся без труда: радиоактивные осадки, атомная бомба, ракеты – без науки не было бы этих «подарков» человечеству. Но доводы эти не новы. Такие же обвинения высказывались и против автоматизации труда. Хотя ясно видно, что вред от науки – это следствие не природы науки, а природы капиталистического общества.

К отрицателям науки примыкают как сторонники отхода науки от ее практических приложений, так и «практически мыслящие деятели», которые не видят в науке ничего, кроме средства умножения материальных ценностей.

Имея в виду все эти крайние точки зрения, казалось целесообразным подробно остановиться на делении наук на прикладные и естествознание и показать их взаимодействие. Это было первой задачей автора.

Мы являемся свидетелями становления единого взгляда на природу живой и неживой материи. Смываются границы между отдельными главами естествознания. Рушатся представления об особых, нематериальных носителях химических и биологических процессов.

Достижения науки, доказывающие подчинение всей природы общим физическим законам, зачастую встречают противодействие со стороны идеалистически или просто узкомыслящих специалистов. Школьное обучение возводит высокие заборы между научными дисциплинами.

Поэтому казалось важным подробно остановиться на подведении общего фундамента – законов физики – под все естествознание.

Такова вторая задача, которую попытался решить автор.

Книга написана для широких кругов читателей. Вправе ли автор рассчитывать на интерес столь многочисленной категории лиц?

*По единодушному признанию деятелей культуры всего мира советский читатель – самый лучший из читателей.* Почти столетия существования в мире социалистического государства воспитало человека не только просто любознательного, но относящегося с особо острым вниманием ко всем явлениям общественной жизни. Поэтому нет сомнения, что общие проблемы, которые ставятся в этой книге, привлекут его внимание. Этим комплиментом своему будущему читателю автор не пытается завоевать его снисхождение. Если книга плохая, то ее не спасет ни самая великая тема, ни самые лучшие намерения автора.