

сталлографией объявляется необязательным для физика!

Та же тенденция проводится и в построении курса теоретической физики: вместо систематического курса, аналогичного курсу общей физики, план предусматривает лишь избранные главы, исключая теорию твердого тела и молекулярную физику.

Я считаю такую установку в корне ошибочной: современный физик должен владеть химией в объеме, значительно превосходящем 2 семестровых часа. Механические, электрические, магнитные и оптические свойства твердых и жидких тел, их связи с кристаллохимическими данными должны входить в основу обучения всякого физика, стремящегося к исследовательской деятельности.

Таким образом, я предлагаю: 1) заменить отдельные главы теоретической физики систематическим курсом, включающим квантовую теорию твердого тела; 2) расширить лекционный курс химии с 34 до 136 ч; 3) ввести обязательный курс кристаллографии в 34 ч; 4) несколько сократить курс математики (с 910 до 750 ч) и спецкурсы (с 556 до 450 ч).

В специальность «физика полупроводников» следовало бы ввести из специальности «рентгеноструктурный анализ» курсы: структурный анализ, физико-химический анализ, кристаллохимию.

Обе эти специальности, как и некоторые другие, немислимы без основательного курса общей и физической химии на первых годах обучения.

## ВОСПИТАНИЕ УЧЕНОГО\*

Быть активным творцом новых идей, новых средств технического прогресса — заманчивая задача для строителей коммунизма.

Но это и трудная задача, требующая систематической работы всю жизнь — от студенческой скамьи до конца жизни. Научная деятельность только тогда плодотворна, когда она составляет содержание жизни, ее цель.

Недостаточно обладать природными способностями и

\* Доклад на собрании комсоров научно-исследовательских институтов, проходившем в Ленинграде 25 марта 1955 г.; опубликован в кн.: Научно-организационная деятельность академика А. Ф. Иоффе. Л.: Наука, 1980, с. 298—303.

интересом к делу — нужна и громадная трудоспособность. В научной жизни каждого ученого неизбежны трудности, разочарования и ошибки. Часто кажется, что задача уже решена, а при ближайшей проверке обнаруживаешь недочет в доказательствах или в постановке опыта, узнаешь о новых фактах, опровергающих сделанные выводы. Хорошо, когда ошибку заметишь в ходе работы, хуже, если на нее обратят внимание другие уже после опубликования работы или после передачи соответствующих рекомендаций и методик в производство.

Нужно воспитывать в себе острое чувство ответственности за свои утверждения, тщательно их проверять. Нужно воспитывать волю к преодолению препятствий, к достижению поставленной цели во что бы то ни стало, через сколько бы неудач ни пришлось пройти. Истина дается только тому, кто упорно ее ищет. Задачу решает не тот, кто довольствуется частичным успехом, а тот ученый, который добивается полноценного результата.

Иногда такой результат дается скоро. Одну из своих работ, доказавшую атомное строение электрических зарядов и законы воздействия на них света, мне удалось закончить в несколько месяцев.

Другая задача — измерение скоростей электронов, вырываемых светом, потребовала 4 лет упорного труда и была опубликована заграничным ученым раньше, чем я мог на это решиться.

Эйнштейн уже 30 лет отдает все свои силы задаче создания единой теории поля, объединяющей электромагнетизм и тяготение. Он прошел за эти годы через ряд неудавшихся решений и все еще не достиг цели. Но и оставить ее он не в состоянии.

Был в моей научной жизни случай, когда я считал выдвинутую мною теорию доказанной и приступил к осуществлению практических выводов из нее — нового типа изоляторов. Однако спустя 5 лет появилась квантовая теория, которая опровергла мои соображения и объяснила неудачу новой изоляции.

Был и другой случай, когда удалось провести в жизнь и осуществить радиолокацию за несколько лет до постановки этой задачи в Англии и США, несмотря на решительные возражения всех наших специалистов радиотехников и радиофизиков.

Удачи радуют, неудачи огорчают, но пастойчивая работа и увлечение своим делом всегда дают и положительные результаты.

#### 1. Критическое и творческое изучение литературы.

Первое требование — знание своего предмета, но не усвоение прочитанного, а критическая его проработка и, более того, творческое его изучение.

Критически изучать — значит, что нужно тщательно рассмотреть: действительно ли правилен ход рассуждения автора, насколько убедительны приводимые им факты, не вносит ли постановка опытов возможных ошибок, обесценивающих результат, наконец, нельзя ли дать опытам другого объяснения.

Творческий элемент заключается в том, чтобы найти другой, более совершенный путь к решению поставленной автором задачи или поставить, исходя из данных опытов, дальнейшую задачу, глубже раскрывающую вопрос, попытаться найти объяснение фактам, оставшимся непонятными автору или незамеченным им.

Приступая к своей задаче, необходимо критически и творчески проработать как русскую, так и иностранную литературу. При этом нельзя ограничиться изучением последних нескольких работ или применяемых в последнее время приемов.

Чтобы создавать новое, нужно знать старое, а иногда даже очень старое, нужно знать историю вопроса. Нельзя забывать, что всякое наше знание — лишь относительная истина, что многообразие природы неисчерпаемо. В ходе исторического развития науки и техники выдвигается то одна, то другая сторона задачи. То, что было отброшено на определенном этапе, быть может, правильно отражало одну сторону явления. А в новых условиях эта сторона снова получает значение.

Приведу несколько примеров.

Источником радиоволн и у Герца, впервые их обнаружившего в 1888 г., и у Попова, впервые их применившего для радиосвязи, служила электрическая искра. С 1908 г. ее заменили вакуумные радиолампы. Но любители применяли более доступные средства радиосвязи — кристаллические детекторы радиоволн. Олег Владимирович Лосев создал даже кристадин, испускающий радиоволны. Однако кристаллики были забыты, и вакуумные радиолампы вошли во всеобщее употребление. А сейчас на основе более глубокого знания полупроводниковых кри-

сталлов радиотехника возвращается к ним и для многих целей отдает им преимущество перед лампами.

Другой пример. Ньютон считал свет потоком частиц. Гюйгенс показал, что свет распространяется как волновое движение. Несмотря на авторитет Ньютона, волновая теория света признавалась всеми на протяжении 150 лет. А вот уже 50 лет, как мы увидели в свете, наряду с волнами Гюйгенса, и поток ньютоновых частиц — фотонов.

Такие же изменения претерпело учение об электронах. Крукс считал их частицами, Герц — волнами. Теперь мы видим в них и те, и другие свойства.

Еще решительнее, чем против пренебрежения историей вопроса и зарубежной литературой, следует предостеречь против недооценки теории. Без теории, строго математически обобщающей весь накопленный опыт, не может быть здорового эксперимента. Опыт, не руководимый теорией, слеп, подвержен случайностям и ошибкам.

Не всякому легко овладеть теорией своей области знания. Но, товарищи, сколько бы труда вы ни затрачивали, он необходим. Опыт, вытекающий из теории, пополняющий и улучшающий ее, — это лучший путь к практическим достижениям. Только обобщающая опыт теория может правильно ориентировать дальнейшие эксперименты и открыть творческие перспективы.

## 2. Всесторонний охват вопроса.

Одно из требований нашей марксистской методологии — всестороннее рассмотрение изучаемого вопроса. Между тем часто при постановке задачи вопрос ставится односторонне. Такое нарушение правильной методологии ведет к серьезным ошибкам. Автор, идя указанным путем и придя к определенным выводам, часто не видит, что те же результаты можно истолковать иначе. Не раз в истории науки данные, которые автор считал подтверждением своей точки зрения, оказывались неубедительными при более широкой постановке вопроса. Свои заключения нужно проверить на всей совокупности известных фактов.

Поэтому, придя к тому или иному выводу, следует тщательно продумать другие возможные объяснения и, в частности, необходимо рассмотреть свои результаты с других возможных точек зрения и выяснить, насколько факты однозначно свидетельствуют в пользу заключения автора.

## 3. Борьба противоположностей.

В относительно правильной картине явлений природы научное исследование часто вскрывает противоречия с новыми фактами, а иногда и противоречия между разными сторонами картины.

Почти всегда такие противоречия становятся источником более глубокого познания природы, источником новых открытий. Они дают указания, в каких направлениях нужно искать прогресс. В борьбе противоположностей раскрывается истина.

Поэтому творческая наука не избегает, не замалчивает противоречий, а ищет их и через их разрешение идет вперед. В особенности это относится к противоречиям между своими взглядами и опытом. Развивая теорию и проверяя ее на своих или чужих опытах, никак нельзя подбирать те из них, которые согласуются с теорией, как часто поступают, закрывая глаза на то, что, наряду с благоприятными, для теории имеются и противоречащие или не объяснимые теорией факты. Они-то и помогут развить и обобщить исходные представления в теорию явлений реального внешнего мира. Примеры из опыта: упругое последствие в кварце, пластическая деформация кристалла, магнитное поле катодных лучей; пример Лоренца — непонимание марксистской методологии; яркий пример концентрации мысли и сопоставление всех сторон вопроса — Эйнштейн.\*

#### 4. Дискуссия на семинарах.

«Сколько голов — столько умов», — говорит пословица. Требования всестороннего охвата вопроса, выявления скрытых противоречий, попытки иного объяснения фактов — все это легче осуществляется коллективной работой и не только тогда, когда она закончена и автор старается доказать свою правоту, но и в ходе работы, когда автор еще ищет правильного подхода к теме и охотно вдумывается в новые предложения. Систематическая дискуссия учит шире мыслить, выделять в вопросе главное, сознательно и убедительно обосновывать свои утверждения.

Коллективное обсуждение обогащает узкий опыт одного ученого идеями и опытом товарищей, работающих в близких областях. В особенности плодотворно сочетание в коллективе теории, опыта и практики. Трудно объеди-

\* Здесь и далее в некоторых других местах конспективно замечены мысли, получившие развитие в устном изложении. (Прим. сост.).

нить их в одном человеке, но они охватываются коллективом. Семинары создали научную школу И. П. Павлова. Крупнейшие ученые-физики также выросли на наших семинарах. Среди них большинство академиков. Пример — Курчатов, Алиханов, Д. В. Скобельцын, Александров, Журков, Гросс.

#### 5. Специализация.

История выкристаллизовала ряд наук и специальностей в каждой из них. Специализация непрерывно растет и далее. Но нельзя забывать, что классификация наук не означает их изоляции. Между науками нет границ, и чаще всего именно вопросы, сочетающие разные науки и их разделы, приводят к самым важным открытиям. Таковы: астрофизика — история Вселенной и Земли; химическая физика — горение и механизм реакции; биофизика, агрофизика — поставившие физику на службу земледелию; биохимия — белок, мускулы; радиоастрономия — невидимые глазом скопления материи; фотосинтез — радиоизотопы.

Методы исследования, разработанные одной наукой, используются другой (изотопы, радио, электронный микроскоп).

Между ходом процессов имеется далеко идущая аналогия. Опыт оптики передается радиотехнике, полупроводники — в катализ, рентгеновы лучи — в медицину. Тепловой пробой и горение (Семенов).

Поэтому нельзя замыкаться в узкие рамки своей специальности, необходимо следить за успехами соседей и изучать их, используя в своей области. Процессу специализации сопутствует противоположная тенденция: рост обогащающих разные дисциплины идей и методов.

#### 6. Требования к советскому ученому.

Советский ученый не может забыть, что он работает для народа и что научная истина — не самоцель, а верный путь к подъему культуры, к овладению силами природы на благо народа. Поэтому, приобретая знания, ученый несет их своему народу, поэтому он растит новые кадры и стремится к тому, чтобы его ученики знали больше и умели работать лучше, чем он.

Наша партия снабдила молодого ученого верным компасом — философией диалектического материализма. Плох тот ученый, который изучает марксизм в отрыве от своего дела, который не строит своей работы в согласии с передовой методологией, не использует ее преимуществ.

Наша страна, идя впереди передового человечества, осуществляет высшую форму социальной жизни — коммунизм. Каждый мыслящий человек, а ученый должен быть и мыслителем, должен стремиться к тому, чтобы его работа вносила бы вклад в строительство коммунизма.

Нелепо бы выглядел ученый, который, живя в нашей стране, ушел бы в разработку радиоаппаратуры, забывая о том, для кого и для чего она нужна. Участие в общественной, культурной и политической жизни своего народа — долг и право, счастье каждого ученого.

Наконец, хочу напомнить, что деятельность ученого требует хорошего здоровья. Нельзя пренебрегать физической культурой, экскурсиями и туризмом как лучшими средствами укреплять и сохранить здоровье. А у нас такие богатые возможности! Попутные наблюдения (снежинки, загар).

#### 7. Техника научной работы.

В деле накопления знаний нельзя полагаться на одну только свою память. Нужно иметь возможность восстановить в памяти уже прочитанное и продуманное. Этой цели служит непрерывно пополняемая картотека. Содержание каждой прочитанной статьи и свои соображения по ее поводу следует конспективно записывать на карточку и складывать карточки в определенном порядке (по авторам или по разделам).

Большое значение имеет журнал наблюдений — это основной документ проделанной работы. Здесь должны быть записаны непосредственные результаты наблюдений и обстановка, в которой они получены (день и час, температура и т. д.).

В эти данные нельзя вносить никаких поправок. Отдельно следует записывать формулы, по которым произведены вычисления, выводы, соображения по постановке опыта и сводку результатов опыта. Такое ведение журнала всегда позволит восстановить факты, даже если они были сначала неправильно подсчитаны или истолкованы. Можно будет учесть те стороны внешних условий, которым не придавали раньше значения.

Чрезмерная точность иногда так же вредна, как недостаточная, — затрачивается лишнее время, усложняется установка, а внимание отвлекается на детали, не имеющие реального значения. Полезно предварительно грубо оценить величину ожидаемого эффекта и потребную точность результата и, исходя из такой оценки, выбрать ус-

ловия опыта и аппаратуру. Грубая оценка определяет порядок величины, а опыт ее уточняет.

Очень важно правильно выбрать метод измерения, лучше отвечающий заданию: не стрелять из пушек по воробьям, но и не пытаться снежками убить медведя. Современная метрология дает богатый выбор. Чрезвычайно упрощают и ускоряют задачу такие хорошо разработанные методы, как радиотехнические методы, осциллограф, рентгеновский анализ и т. п.

Все шире входят в практику счетно-аналитические электронные машины, которые в несколько минут решают сложнейшие расчетные задачи, требующие многих месяцев. Измерительные приборы, методы наблюдений и измерений — инструмент ученого, от совершенства которого зависит успех его работы.

## БОЛЬШОЕ СЧАСТЬЕ БЫТЬ СТРОИТЕЛЕМ КОММУНИЗМА!\*

Богата и многообразна жизнь нашей Родины, идущей к светлым перспективам коммунизма. Быть активным участником такой жизни — большое счастье. Найдите область, которая вам по душе, способна вас увлечь, и внесите в это дело все свои силы и способности. Тогда неизбежные трудности и препятствия вам не страшны — вы их преодолеете; более того, сама борьба с ними доставит вам удовлетворение. Содержание вашей жизни возрастет еще во много раз, если вы найдете новые, более совершенные пути выполнения стоящих перед вами задач. А для этого нужно учиться, учиться до конца жизни и, отталкиваясь от уже известного, искать новое.

На своем опыте я узнал, какую полноту счастья дает настойчивый труд, разрешение загадок, которых еще не мало в окружающей нас природе, какое удовлетворение доставляет сознание, что каждое новое открытие — это новые возможности улучшить жизнь человека, его быт и культуру. Вместе с тем расширяются и наши горизонты — недаром сравнивают научное творчество с постоянным подъемом на все большие высоты; такому подъему нет конца: науку движет вечное стремление вперед.

\* Статья опубликована в книге (Наука и молодежь. М., 1958, с. 151), вышедшей в свет к 40-летию комсомола.