

Академик
П. Л. КАПИЦА

КАК СЛЕДУЕТ ИЗУЧАТЬ ФИЗИКУ

по материалам лекций, прочитанных
первокурсникам Физико-технического факультета
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова в 1947 и 1949 гг.

Обработка и редакция
В.С. Бульгин

МОСКВА
2020

УДК 53
ББК 22.3г

**Как следует изучать физику (по материалам лекций
П.Л. Капицы 1947 и 1949 гг.) — Москва, 2020. 28 с.**

Представлены объединённые и обработанные тексты стенограмм вводных частей первых лекций академика П.Л. Капицы, которыми он начинал чтение курса «Общая физика» для студентов-первокурсников Физико-технического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в 1947 и 1949 гг.

Предыдущее издание советов П.Л. Капицы по изучению физики было осуществлено в МФТИ в 2016 г.

**УДК 53
ББК 22.3г**

- © Капица П.Л., стенограммы лекций ФТФ МГУ, 1947–1949.
- © Булыгин В.С., редакция, примечания, компьютерный набор и вёрстка, 2020.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Пётр Леонидович Капица (1894–1984) в 1947 году возглавил кафедру «Общая физика» на созданном при его активном участии Физико-техническом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ФТФ МГУ)¹

¹Физико-технический факультет был организован Постановлением Совета Министров СССР от 25.11.1946 «*О мероприятиях по подготовке высококвалифицированных специалистов по важнейшим разделам современной физики*» и создавался «для подготовки высококвалифицированных специалистов по важнейшим разделам современной физики: *физика атомного ядра, аэродинамика, физика низких температур, радиофизика, оптика, физика горения и взрыва и т. д.*».

Факультет был организован как особое подразделение МГУ под руководством проректора «по специальным вопросам» (акад. С.А. Христианович), кандидатура которого утверждалась приказом Министра высшего образования СССР. ФТФ МГУ имел самостоятельный финансовый баланс, собственный бюджетный и текущий счета и финансировался по отдельной смете, утверждаемой Министерством высшего образования СССР, т.е. являлся самостоятельным юридическим лицом, финансово независимым от МГУ. Повышенные должностные оклады персоналу ФТФ устанавливались на уровне окладов Научно-исследовательского физического института МГУ, занимавшегося оборонной тематикой.

Научное руководство факультетом осуществлял утверждённый Министерством высшего образования СССР Совет ФТФ МГУ из 27 крупнейших советских учёных под председательством академика С.А. Христиановича, куда также вошёл и П.Л. Капица. Для материального обеспечения учебного процесса факультету, кроме передачи трофейного научного оборудования, разрешалось разместить в Восточной Германии заказы на учебное и лабораторное оборудование на общую сумму до 1 млн. рублей, а Министерство внешней торговли СССР закупало для ФТФ МГУ по его спецификациям лабораторное оборудование и приборы в Чехословакии на сумму 2,5 млн. чешских крон и в Швеции на сумму 150 тыс. шведских крон. На 14 Союзных министерств и ведомств были возложены обязанности поставить ФТФ МГУ различные материалы и оборудование, автомашины, мебель, ткани и обувь. Министерству высшего образования СССР разрешалось принять 600 студентов сразу на

и в 1947–1949 годах читал для студентов-первокурсников факультета двухгодичный курс общей физики.

В качестве преподавательского эксперимента чтение лекций по общей физике на ФТФ МГУ в рамках единой программы вели параллельно два лектора, каждый по одной лекции в неделю: физик–экспериментатор академик П.Л. Капица и физик–теоретик академик Л.Д. Ландау (впоследствии его сменил Е.М. Лившиц), дававшие студентам своё профессиональное видение курса общей физики.

Для того чтобы успеть обеспечить студентам-первокурсникам необходимую начальную подготовку по высшей математике, лекции по общей физике в 1-м семестре начинались через месяц после начала учебного года; в течение этого месяца сту-

пять курсов ФТФ МГУ (на 1-й курс — 150 студентов «за счёт лучших студентов технических вузов и государственных университетов»). Студентам ФТФ МГУ был установлен увеличенный срок обучения (6 лет), им также назначалась увеличенная стипендия (отличникам стипендия повышалась ещё на 25%). Академия наук СССР, Министерство авиационной промышленности и Министерство вооружений предоставляло студентам и аспирантам ФТФ МГУ места для практических занятий и специальной практики в ведущих научных и производственных организациях страны: Физическом институте, Ленинградском физико-техническом институте, Институте физических проблем, Институте химической физики, Центральном аэрогидродинамическом институте, Государственном оптическом институте, а также в особосекретных организациях «Лаборатория №2» (руководитель академик И.В. Курчатов) и «Лаборатория №3» (руководитель академик А.И. Алиханов), ведущих работы, связанными с созданием атомного оружия.

Вступительные экзамены на ФТФ МГУ проводились ранее, чем в других ВУЗах, абитуриенты, не прошедшие на ФТФ МГУ по конкурсу, принимались в другие ВУЗы страны без дополнительных вступительных экзаменов.

В 1951 году ФТФ МГУ был преобразован в самостоятельное учебное заведение высшего образования — *Московский физико-технический институт* (МФТИ), сохранивший основные принципы работы ФТФ МГУ, впоследствии названные «*системой Физтеха*». (В. Б.)

дентам «начитывался» необходимый минимум из высшей математики, позволяющий уверенно использовать в курсе общей физики необходимый математический аппарат.

Первым чтением параллельного лекционного курса всегда начинал П.Л. Капица. Как в 1947 г., так и в 1949 г. в первой лекции началу изложения «Физических основ механики» предшествовала вводная часть, в которой Пётр Леонидович рассказывал о принципах преподавания физики на новом факультете и делился своим опытом и советами в изучении физики.

Лекции П.Л. Капицы стенографировались, машинописные копии расшифрованных, но не проверенных автором стенограмм, содержащие многочисленные неточности, оговорки и опечатки, находятся в Мемориальном музее–кабинете П.Л. Капицы в Институте физико-технических проблем РАН (ИФП РАН) им. П.Л. Капицы и в Музее истории МФТИ.

Стенограмма вводной части первой лекции 1947 года под названием «*Изучать физику с точки зрения научного работника*» впервые была опубликована (в редакции П.Е. Рубинина²) в последнем издании сборника статей и выступлений П.Л. Капицы «Эксперимент, теория, практика» [1], изданном через три года после кончины П.Л. Капицы.

В настоящем издании предпринята попытка объединить тексты стенограмм вводных частей первых лекций П.Л. Капицы 1947 и 1949 годов, которые несколько отличаются как порядком изложения, так и содержащимися в них материалами. Это позволяет донести до современного читателя все высказанные тогда мысли и соображения П.Л. Капицы о преподавании и изучении физики, сохранившие своё значение и сегодня.

²Рубинин Павел Евгеньевич (1925–2006), в 1955–1984 г. помощник и секретарь П.Л. Капицы, с 1984 по 2006 г. директор Мемориального музея П.Л. Капицы и ответственный секретарь Комиссии РАН по научному наследию академика П.Л. Капицы. (В. В.)

Для связности объединённого текста некоторые части исходных стенограмм были переставлены, минимальные редакторские правки и дополнения вносились непосредственно в текст или же добавлялись в примечания.

Выражаю искреннюю благодарность доценту кафедры общей физики МФТИ (и сотруднику ИФП РАН) к.ф.-м.н. Вадиму Геннадьевичу Жотикову, руководителю Мемориального музея–кабинета П.Л.Капицы в ИФП РАН Татьяне Игоревне Балаховской и прежнему руководителю Музея истории МФТИ Сергею Александровичу Матлину за предоставленную возможность работы с архивными стенограммами лекций П.Л.Капицы [2].

Настоящее издание осуществлено при поддержке Благотворительного Фонда МФТИ, исполнительному директору которого Дмитрию Леонидовичу Зайцеву я также выражаю глубокую благодарность.

Профессор кафедры общей физики МФТИ
В.С. Булыгин

КАК СЛЕДУЕТ ИЗУЧАТЬ ФИЗИКУ³

Нам сегодня предстоит с вами начать курс общей физики. Это курс, который является для вас основным, — если вы возьмёте название факультета,⁴ то физика в нём стоит на первом месте, стоит как его основное название. Физика для вас является основным предметом, а остальные предметы — это помощь для изучения физики. Физика — это тот предмет, на котором жидется работа, которой вы будете отдавать всю вашу жизнь, ваше будущее, и поэтому к этому предмету надо отнестись особенно серьёзно. Я чувствую на себе большую ответственность, взявшись руководить преподаванием физики на вашем факультете.

Вам предстоит стать молодыми учёными, исследователями, вас специально отбирали, сделали вам очень строгий экзамен, вы это почувствовали. Многие из вас удачно его прошли и здесь присутствуют. Курс общей физики рассчитан на два года, и после двух лет будет экзамен, от результатов которого будет зависеть ваше дальнейшее пребывание на этом факультете, будет решено, могут ли из вас выйти учёные, или нет. Факультет готовит научных работников, и изучение физики, умение её понимать и ею владеть решает вопрос, может ли из вас выйти научный работник.

Что такое физика, вы все представляете: вы её изучали уже в средней школе и примерно предмет этот вам известен. Дать строгое определение — довольно трудно, так как теперь к физике относится всё: радиотехника, оптика — это развитие одной из глав физики, так же и астрономия, акустика, и т. д. Всё, что

³Обработанный объединённый текст стенограмм вводной части первых лекций П.Л. Капицы, прочитанных в 1947 и 1949 годах студентам-первокурсникам ФТФ МГУ. (В. Б.)

⁴Физико-технический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. (В. Б.)

касается изучения неодушевлённой природы, в основном исходит из физики. Взять такой предмет как химия, так химия тоже возникла из физики.

Что же такое общая физика? Каждый раздел физики обычно развивается на определённых основных законах, эти основные положения, которые являются фундаментом для изучения каждого отдела физики, и составляют общую физику. Поэтому чрезвычайно важно хорошо и полно освоить эти основные положения физики. От того, как вы освоите эти основы физики, будет зависеть ваша дальнейшая работа. Умение пользоваться этими основными законами необходимо как при изучении физики, так и при работе в её конкретных областях, по которым вам придётся специализироваться.

Поэтому мне, как человеку, уже свыше 30 лет работающему в области физики, хотелось бы на первой лекции высказать ряд советов, как лучше всего изучать физику и как лучше всего разобраться в её основных законах. Может быть, мои советы вам помогут и сэкономят ваше время.

Физика состоит из ряда отдельных разделов, таких как механика, акустика, электричество, оптика и др. Строгое разграничение между разделами физики трудно установить, начальные разделы физики захватываются дальнейшими; например, электричество нужно знать, изучая почти любой отдел физики. Таким образом, границы между отделами провести трудно, и поэтому, когда вы изучаете физику, приходится идти концентрическими кругами. Сначала физика в первом приближении, затем в более точном приближении, которое более глубоко захватывает предмет, наконец, третье приближение — и вы уже можете специализироваться и двигаться далее по той специальности, которую вы выбрали.

Первый круг вы прошли в средней школе, теперь вы пройдёте второй круг. Вам сейчас нужно изучить в курсе общей физики все основные законы во всех основных физических об-

ластях, это необходимо знать каждому из вас, чтобы успешно специализироваться в той области, в которой вам придётся работать уже самим, как молодым учёным.

Как физика воспринималась вами раньше, и как вы будете воспринимать её теперь? В средней школе всегда учили так: давали общий закон и смотрели, как этот общий закон осуществляется в природе.

Наука создавалась иначе. Наука не создаётся из общих законов, общие законы нужно найти, и их ищут учёные. Таким образом, наука обычно преподаётся не так, как она создаётся, а переворачивается наизнанку.

Когда в учебниках излагают законы общей физики, обычно их постулируют, принимают, а потом из них выводят различные явления. Так излагается обычно физика, и так вы найдёте её изложенной в большинстве учебников. Для вас — будущих учёных — это неподходящий способ, вам самим придётся делать опыты, вам нужно знать путь, каким создавались эти законы, и разбираться в процессе нахождения закона.

Для людей, которые не будут работать в области физики, такое, дедуктивное, восприятие вполне правильно — знать законы и знать, как ими пользоваться, — это хорошо для инженеров и т. д., но молодым учёным необходимо знать и тот путь, который был проделан наукой, который делается физикой.

Когда мы ищем общие законы механики, электротехники, электричества, первым делом нужно изучать явление. Например, человек впервые увидел электрическую искру и ему захотелось изучить электричество. Он видит: происходит разряд электричества, а он ничего по электричеству ещё не знает. Как он подойдёт к вопросу? Конечно, ему нужно связать это явление с другими явлениями. Он начинает обращать внимание, что электричество возникает при трении, начинает обращать внимание, что можно заряжать тела электричеством, возника-

ет идея ёмкости, потом появляется измерительный аппарат — электроскоп.

Первым делом при изучении природы является необходимым научиться делать опыты, определить, что мерить, и научиться, как мерить. Это трудно найти. Для этого человечеству понадобилось много времени, чтобы подойти к физическому измерению. Я привёл пример с искрой — пока люди не научились, как подготовиться к измерению, пока не была изобретена Лейденская банка⁵, — электричество нельзя было изучать, потому что сначала нужно было суметь накопить его, создать электрический конденсатор в самой элементарной форме.

Когда это было создано, можно было начинать мерить, и только тогда начали производить измерения. Провели целый ряд опытов, из них старались вывести законы электростатического поля, закон Кулона, — таков был ход. Постепенно, из опытов, из их обобщений переходили к физическому закону, таков есть ход развития науки, ход индуктивный; путём индукции осознают и находят законы природы.

Восприятие всякой науки, всяких знаний у каждого человека происходит по-своему. Один человек лучше мыслит математическими символами, какой-нибудь закон он всегда воображает себе в виде математической формулы. Другой — склонен к модельному мышлению, для него закон связан с известным опытом, с известным процессом, который он наблюдал. Каждый человек представляет себе и воспринимает физику по-разному. Так что бывает разное восприятие науки, её законов и вам не надо заставлять себя стремиться представить что-то обязательно математически, если вам это легче представить образно. Каков будет ваш метод восприятия науки —

⁵прообраз электрического конденсатора, накапливающего и сохраняющего электрический заряд. (В. Б.)

это не так важно; важно, чтобы вы умели применять все те знания, которые вы им получите.

Можно привести такую аналогию. Положим, вам нужно ориентироваться в городе — скажем, вам нужно в определённое время попасть на Красную площадь из какой-нибудь части Москвы. Один из вас возьмёт план и по плану будет ориентироваться или, чтобы попасть туда, запомнит названия улиц, будет смотреть, искать эти названия и идти по таким-то улицам — это формальное восприятие. Другой запомнит расположение улиц, а не сможет запомнить их названия и будет ориентироваться по зрительной памяти. Третий просто запомнит направление и, посмотрев на Солнце, тоже может прийти на Красную площадь. Ещё один интуитивно чувствует направление, пойдёт в определённом направлении и дойдёт, чутьём дойдёт! Всё, что требуется от каждого, — вовремя попасть на Красную площадь.

Так и вам требуется понять законы физики, но как вы будете себе представлять эти законы, как будете «ориентироваться» в них — это ваше дело. А моё дело, дело наших преподавателей — дать вам полную свободу воспринять науку физику так, как каждому из вас легче.

В конце концов, если ты добился известной цели в изучении науки — это всё, что от тебя требуется, а как ты это сделал, — это не так важно! Не так важно, как вы дошли до «великих знаний», главное, чтобы вы их достигли, чтобы вы умели ими пользоваться. Это для вас будет играть большую роль.

Поэтому всякий должен помнить, что изучение науки он должен осуществлять так, как она ему легче даётся, никогда не нужно пересиливать себя. Если ты больше, например, мыслить образами — пользуйся этим методом. Книги по физике и механике подбирай, которые больше по вкусу, так как те, которые тебе больше по вкусу, являются лучшими для тебя. Од-

ному одна книга нравится, другому другая. Та, которая легче всего воспринимается, и является наилучшей для вас книгой.

Продолжая аналогию, следует упомянуть ещё об одном способе ориентироваться в городе: это просто взять нанять такси, сказать адрес и поехать на такси — воспользоваться чужим умом. Так тоже можно приехать вовремя к центру города, но этот «метод передвижения» мы не будем поощрять, ибо он сводится к тому, чтобы воспринимать науку зубрёжкой, без понимания. Такое восприятие может быть и в науке — если вы возьмёте какой-нибудь учебник, заучите его наизусть, воспользуетесь чужим умом не поняв существа, и будете думать, что вы овладели этой наукой.

Вот с таким методом мы будем серьёзно бороться. В известных областях, где есть учебники, вы ещё сможете разобраться. Но как будущим молодым учёным, которым предстоит работать в областях, где нет определённых указаний, где вам придётся жить своим умом — как бы успешно вы ни отвечали на экзамене по заученному таким путём, учёными вы никогда не станете! Если такой человек окажется без учебника, без книги, он уже не сможет ориентироваться без помощников, он будет предоставлен самому себе, и из него ничего не выйдет.

Всю нашу преподавательскую систему мы постараемся построить так, что метод простого заучивания будет считаться неудовлетворительным. Запоминание наизусть и повторение формул без понимания их не есть знание; если вы будете отвечать «чужим умом», если «едете на такси» — это неудовлетворительное знание! Я хотел бы, чтобы вы это запомнили с самого начала.

Самая основная задача — за эти два года научиться мыслить самостоятельно, научиться самостоятельному мышлению, самостоятельному восприятию в науке. Это даётся не сразу — такое восприятие науки. Под конец курса этому мы должны вас научить, сделать из вас настоящих учёных,

которые могли бы работать самостоятельно. Учёные, которые не могут самостоятельно работать становятся простыми исполнителями, лаборантами, но не учёными! Не научными работниками!

Я вспоминаю один случай, когда я, будучи молодым учёным, работал в Кембридже у профессора Резерфорда, очень крупного учёного, который положил основание современному учению о радиоактивности. И вот мне пришлось быть свидетелем такой картины: молодой учёный, окончивший университет, проработавший два года по заданной теме и выполнивший кандидатскую работу, пришёл к профессору и говорит: «Вот я защитил свою кандидатскую работу, что мне теперь делать дальше?» Резерфорд ему ответил: «Бросить заниматься наукой! Если Вы после кандидатской защиты, после двух лет практической работы не знаете сами, что Вам делать дальше, значит, из Вас учёного не выйдет!»

Вот приучиться к самостоятельному мышлению — это есть то, с чего вам надлежит начать. Развивать самостоятельное мышление, самостоятельный подход всегда, когда вам что-нибудь приходится обдумывать, но не зазубривать, — понимать задачу — это будет основная ваша задача.

А пустая зубрёжка, заучивание без понимания учёного из вас не сделают никогда. Общая оценка учёного всегда исходит из того, насколько он самостоятельно работает, мыслит и ориентируется, и эту самостоятельность мышления, умение ориентироваться надо в себе выработать с самого начала, со школьной скамьи и с первых курсов университетской учёбы. Никто не может вас научить мыслить самостоятельно, если вы не захотите сами этим заняться, если вы сами не будете себя в этом проверять.

Исходя из этого вам и следует подбирать учебники по вашему вкусу. Разные авторы пишут учебники общей физики, излагая предмет таким путём, каким он понятен им самим.

Так, некоторые из них больше уделяют внимания экспериментам, некоторые — больше математике, другие больше уделяют внимания связи теории с опытом. Вам надлежит подобрать себе тот учебник, который больше всего по душе, который вам больше всего нравится. Таким образом, это будет тот учебник, автор которого мыслит примерно так же, как вы мыслите. Поэтому, повторяю, подбирать себе книжки надо по вкусу! Книг по общей физике очень много, почти все они одинаково хороши, ошибок в них почти нет. Излагается в них предмет в разном порядке, так, как это представляется нужным автору. Вы можете выбирать любую из книг и изучать её.

Как читать такую книгу, как в ней разбираться? Мне лично всегда было легче всего поступать таким образом. Надо сперва прочесть заданную главу быстро, не останавливаясь на непонятных вещах, стремясь схватить общий смысл. Когда вы его схватили, тогда вы внимательно вчитываетесь во все детали вопроса. Не следует читать так: не понял и остановился. Это не страшно — не понял сейчас, дойдёт потом; читай дальше. Когда второй раз будешь читать, для тебя легче будут эти непонятные места, они обычно приобретают другой смысл и становятся более понятными. Даже если целые главы трудны, непонятны, их временно можно оставить, отложить, перейти к другой главе, а затем совершенно неожиданно, из другого вопроса, вы можете получить освещение предыдущего. Если отдельные вопросы непонятны в одной книге, поищите, почитайте в другой книге, может быть, легче окажется изучить одно по одной книге, другое — по другой.

Самостоятельное изучение физики по книге вы должны рассматривать как свою основную работу. Лекции, упражнения, практикумы будут вам только помогать. В лекциях лектор излагает материал по-своему, излагает свою точку зрения; он читает вам лекции по небольшим запискам, может многое пропускать. Он может дать общее представление, но, большей

частью, он не может полно изложить предмет — это может быть сделано только в учебнике.

Поэтому из лекций вы можете вынести только общее впечатление о предмете, по лекциям очень трудно изучать предмет так, чтобы его полностью освоить.

Во всё время вашей учёбы большое внимание будет направлено на решение задач, на лабораторные работы, на умение пользоваться приобретёнными познаниями. Упражнения и практикумы будут служить лучшим методом проверки полученных знаний, вы на них и должны смотреть как на способ проверки ваших знаний. Если вы умеете решать задачи, умеете вычислять, умеете проводить эксперимент и понимать его, значит, вы понимаете этот отдел физики.

Ещё один совет. Вам предстоит стать научными работниками, и поэтому изучать физику надо именно с точки зрения научного работника. Всякий предмет можно всегда изучать с различных точек зрения. Какая же точка зрения на изучение физики должна быть у будущего научного работника?

Чтобы выразить свою мысль яснее, я воспользуюсь следующей аналогией. Положим, вы хотите изучать картины. Для этого вы пойдёте в картинную галерею, начнёте смотреть картины, начнёте читать книги по искусству, по истории искусства. Если у вас есть склонность к этому предмету, вы скоро увидите, что можете сразу отличить фламандскую школу от итальянской, входя в музей, взглянув на картины, не просмотрев их номера в каталоге, вы примерно можете определить эпоху, когда картина написана, какой школы её художник, чем эта картина отличается от картин другой художественной школы, талантлив ли художник или неталантлив, — тогда можно будет сказать, что вы знаете искусство и понимаете его.

Вы стали большими знатоками искусства, но это ещё не значит, что вы можете сами писать картины. Если вы хотите стать художниками, т. е. самим рисовать картины, вам ещё

нужно узнать технику рисования, надо понимать, как пишутся картины и какова техника написания картин, каковы приёмы, которыми пользуются художники для их создания, каким путём тот или иной художник достигал тех или других эффектов, например, яркости, освещения, рельефа и прочее.

Так же в науке, если вам придётся работать как молодым учёным, вам нужно знать, как создаётся наука, как она должна делаться. Будущим учёным надо не только понимать физику и законы физики, а надо понять, как делается физика, как она создавалась, какая роль эксперимента, какая роль теории, какая роль математики. Всё это вам надлежит понять для того, чтобы потом уметь самим работать в этой области. С этим вам всё равно пришлось бы столкнуться позднее, эти вопросы перед вами встанут, когда вы будете заниматься наукой.

Поэтому в своём курсе мне бы хотелось больше останавливаться именно на этих вопросах, так как обычно они меньше всего освещены в учебниках. В учебниках обычно стремятся дать красивую, законченную картину современной физики, но мало останавливаются на вопросах, как создавалась наука, какие трудности, какие проблемы возникали при развитии той или иной отдельной теории, при нахождении отдельных законов. Если вы привыкнете с самого начала обращать внимание на процесс, на методику физических исследований, то это должно значительно облегчить вашу научную работу в будущем.

Свой опыт я направляю на то, чтобы в той области, которая мне более известна, дать вам эти указания и направить вас по правильному пути. Какой это должен быть правильный путь, правильное восприятие науки? *Во-первых*, нужно всегда немного знакомиться с историей науки, *во-вторых*, когда вы занимаетесь каким-либо научным вопросом, нужно точно знать пределы применимости данного закона (я это особо подчёркиваю!), *в-третьих*, вам следует очень много внимания

обращать на решение задач, проверяя своё умение пользоваться физическими законами.

Перед тем как читать вам курс, я просмотрел большое количество учебников по физике и нашёл, что только в очень немногих роль и значение методики экспериментального исследования освещены достаточно удовлетворительно. Отчасти это объясняется тем, что учебники часто пишутся преподавателями, а не учёными; если учебник пишет учёный, то тогда он обычно уделяет внимание этим вопросам только в тех частях учебника, которые касаются областей, над которыми он сам работал.

Когда вы изучаете какой-нибудь отдел физики, на что всегда надо обращать внимание? Любое явление в природе — будь то падение тела, разряд в трубке, барометрическое давление — вы можете изучать с точки зрения физики. В основе изучения лежит всегда эксперимент, опыт. Чтобы произвести опыт, нужно измерить или наблюдать определённые величины. Поэтому надо всегда себе ясно представлять, какие величины наблюдаются. Обычно не так легко найти эти величины. Если мы наблюдаем совершенно новое явление, то не так легко сказать, что же именно нам нужно измерять. Вот в механике мы знаем: надо измерять скорость, ускорение, массу, силу. Но перед тем как найти эти величины, человечество работало много сотен лет! Поэтому отыскание наблюдаемых величин является чрезвычайно важным фактором научного исследования. Когда мы нашли эти наблюдаемые величины, произвели измерения, получили численные соотношения между измеренными величинами, мы находим какое-нибудь соотношение, которое обычно выражается математической формулой, и пытаемся обобщить это соотношение в виде закона.

Дальше идёт проверка этого закона на других случаях. Для этого обычно применяют математику и стремятся найти другие, новые явления в природе, где этот закон также проявля-

ется. Если этот закон подтверждается на других опытах, то мы говорим — закон правильный! Если он противоречит новым опытам, то говорят — есть противоречия, закон нужно изменить. И законы меняются и становятся такими, что захватывают всё большую и большую область явлений, которые они могут описывать.

Когда найден закон, его стремятся обобщить, на его основе стараются предсказать неизвестные явления, применить закон к другим явлениям природы. Тогда уже идёт работа путём дедукции. Стремятся дедуцировать из закона разные следствия; смотрят, насколько закон оправдывается или не оправдывается в этих следствиях, используют найденный закон для практических целей, для расчёта машин, расчёта приборов.

При этом часто приходится этот закон экстраполировать за те пределы, в которых он был опытно установлен. Например, мы установили опытные явления для определённых сил поля, определённой силы электрического напряжения, или законы Ньютона для определённого диапазона скоростей — мы их пытаемся применить для ещё больших напряжённостей и скоростей, где мы их ещё не проверили, и предсказать на их основе явления, находящиеся за пределами диапазона тех величин, по которым эти законы были найдены.

Например, законы механики. Мы сначала нашли эти законы для тел, движущихся на Земле, потом применили их для Солнечной системы, они оказались правильными, а теперь их стараются применить уже для всей Вселенной. Можно ли эти законы, который мы нашли в лаборатории, применить для всей Вселенной? — оказывается, что данная экстраполяция неверна, потому что между законом и опытом получаются большие противоречия.

Есть и другие классические противоречия, например, закон тяготения, если его распространить на всю Вселенную, тоже

приводит к противоречиям,⁶ поэтому нужно сделать вывод — или Вселенная не бесконечна, или закон всемирного тяготения Ньютона неправилен. Либо нельзя незаконно экстраполировать законы, которые мы получаем в ограниченных масштабах, на всю Вселенную, либо Вселенная не бесконечна — этот вопрос не решён. Есть попытки ограничить Вселенную, есть попытки изменить закон тяготения, вопрос пока не решён.

Таким образом, экстраполяция законов, которые мы получили, должна делаться очень осторожно. Нужно всегда помнить, что всякий закон получен нами на основе опыта, каждый опыт имеет ограниченную точность, проводится в ограниченных масштабах, а закон применяется в масштабах больших, чем на опыте. Всегда нужно помнить, что такая экстраполяция является гипотетической.

Такое схематическое описание процесса научного познания (кажущееся немного мёртвым) мы проследим в нашем курсе на ряде конкретных случаев, и вы увидите, что оно повторяется почти во всех областях физики, которые развиваются или которые уже развились.

Итак, сперва находится экспериментальный факт — опыт лежит в основе всякого физического исследования. Потом происходит его обработка. Таким образом, физика как бы делится на две части — экспериментальную физику и теоретическую, связанную с разработками на основе полученных из опытов результатов. Конечно, это деление довольно искусственное. Всякий опыт всегда предпринимается с известными теоретическими взглядами, и всякая теоретическая разработка издавна зиждется на определённых опытах. Но так принято, что люди, учёные, которые больше склонны к экспериментальной работе, занимаются этой частью физики, а другие, больше

⁶например, неопределённость относительных ускорений гравитирующих частиц в бесконечной однородной Вселенной — гравитационный парадокс Зеелигера–Нэймана. (В. Б.)

склонные к математическому мышлению, занимаются теоретической физикой. И только благодаря тому, что разные специалисты занимаются этими разными вопросами, физика разделена на теоретическую и экспериментальную. Это деление искусственное — обе области составляют одно целое. Экспериментатор должен быть теоретиком и всякий теоретик должен быть, до известной степени, экспериментатором.

Совершенно неправильно думать, что одной теорией, теоретическим воображением, можно понять явления в природе. На этот счёт очень хорошо сказал знаменитый английский учёный Кельвин. Это был один из тех учёных, которые очень широко захватывали физику и работали в самых разнообразных областях физики. Кельвин сделал такие, например, вещи, как важнейшие исследования в термодинамике, в электричестве; он ввёл понятие термодинамической шкалы абсолютных температур. Будучи блестящим математиком, он сделал целый ряд классических работ в теоретической физике. Но, с другой стороны, он занимался и практическими вопросами. Так, он прокладывал первый трансатлантический телеграфный кабель и, вместе с тем, он занимался и такими вещами, как усовершенствование кухонного водопроводного крана, чтобы, когда наливают воду в кастрюлю, вода бы не плескала в лицо хозяйке (и он разработал этот кран ⁷).

Вот какой широкий диапазон был у этого учёного, который мог от самых тривиальных вопросов практики углубиться до самых отвлечённых вопросов тогдашней теоретической физики! Кельвин так характеризовал роль математики и теоретической работы в физике: он сравнивал экспериментальные данные с зерном, которое получается на полях экспериментальной физики, а математику — с жёрновами мельницы, которые перемалывают эти зёрна и получается более удобова-

⁷ и даже получил на него британский патент. (В. Б.)

римый продукт — мука.⁸ Отсюда выходит совершенно ясная картина: если ничего в жёрнова не засыпать, то ничего из них не получишь — жёрнова будут крутиться впустую.

Так и математика: вы должны вложить основное, эксперимент, истину, только потом математический аппарат сможет из этого приготовить «вкусное питание», но если вы ничего не заложили в математический аппарат, в «мельницу», вы ничего не получите. Математика перерабатывает истины, страшно помогает и необходима, но она ничего не создаёт. Это только аппарат, перерабатывающий эксперимент.

Только если вкладывать вполне определённые экспериментальные данные, экспериментальный результат — математический аппарат, теоретическое мышление может дать вам конкретные, полезные, физические результаты.

Читая курс физики, я — по характеру своей работы экспериментатор — хотел бы вам рассказать об экспериментальной части физики, т. е. о тех зёрнах, которые кладутся в мельницу, о том, как они произрастали, как они создавались, как они находились. Что же касается их теоретической обработки, то эту часть курса взял на себя академик Ландау, который как раз в этой области в основном и работал. Таким образом, мне кажется, вы сможете лучше всего увидеть и освоить те методы, которыми развивается современная физика, и, таким образом, лекции окажут вам наибольшую помощь при вашей работе.

⁸Академик А.Н. Крылов (тесть П.Л. Капицы) в книге «Мои воспоминания» (из-во АН СССР, 1945. — С. 111–112) рассказывает о профессоре Морской академии К.Д. Краевиче, в 1888/89 уч. году читавшем ему и другим слушателям 1-го курса лекции по термодинамике, от которого он впервые услышал фразу зоолога Гексли (Т.Г. Хаксли, 1825–1895), сказанную Уильяму Томсону (лорду Кельвину): «Математика, подобно жёрнову, перемальвает то, что под него засыпают, и как, засыпав лебеду, вы не получите пшеничной муки, так, исписав целые страницы формулами, вы не получите истины из ложных предпосылок». В книге А.Н. Крылова неточность: зоолог Гексли ошибочно назван геологом. (В. Б.)

Но я бы хотел вас ещё предупредить об одном: чтобы вы не увлекались чересчур ни экспериментом, ни теорией! В первой стадии изучения надо уделять одинаковое внимание и тому, и другому. В дальнейшем у вас ещё найдётся время специализироваться.

Выбирая метод восприятия науки, подбирая подходящий учебник, у молодёжи часто бывает склонность увлекаться математикой, математическими вычислениями. В молодости люди всегда склонны увлекаться теоретическими работами, математикой, и думают — если они плохо владеют математическим аппаратом, то из них не выйдет больших, хороших учёных. Часто думают, что не знающий математики — физикой заняться не может; однако математика есть весьма подсобный предмет для физики, она очень помогает, но это, во всяком случае, не есть что-то абсолютно необходимое. Основное для учёного-физика — это понять явления природы.

Мы имеем два замечательнейших примера в истории физики: первый — Фарадэй, который был одним из крупнейших физиков и который совсем не знал математики — это можно простить такому великому физика, как Фарадей, и я это говорю не для того, чтобы вы не занимались математикой, а чтобы не преувеличивали значения математики! Вторым примером — Резерфорд, который тоже совершенно не был математиком. Сколько раз вот на таких же лекциях по общей физике он пытался вывести законы соударения двух шаров, путался, ему это не удавалось, и, в конце концов, он говорил: «Ну, вы это в книге найдёте!». Но он понимал и ясно мыслил в физических вопросах. Это понимание — каким бы методом ни достигалось — оно будет для вас основным.

С другой стороны, были крупнейшие физики-теоретики как Гаусс, который совершенно не интересовался эксперимен-

тами.⁹ Ньютон — исключение, он был и хорошим экспериментатором, и хорошим математиком. А возьмите Максвелла — блестящего теоретика — он был очень плохим экспериментатором, у него не только на лекциях эксперименты не удавались, но и в лабораториях его приборы были построены удивительно нескладно, нелепо.

В основном, развитие науки, прогресс её определялись теми методиками и постановкой опытов, которые знакомили нас с природой. Тот же случай с электрической искрой: вы видите искру, но пока вы не сообразите, что мерить и как мерить, вы не сдвинетесь с места. Крупные учёные, которые создали себе имя в физике, отличались тем, что они умели понять, что в явлении важно, что нужно мерить и как нужно мерить. Другой тип учёных умел обобщать, применять математический аппарат и получать законы, которые уже и примерялись к природе. Это тоже большая задача, так что такие крупнейшие математики, как Ньютон, Гаусс, сыграли свою крупную роль. Но это не значит, что человек, который не обладает способностью к математике, не может быть физиком.

⁹Величайший математик Иоганн Карл Фридрих Гаусс (1777–1855), внёс также значительный вклад в физику (гауссова система физических единиц, теорема Гаусса в гравитации и электричестве — одно из уравнений электродинамики Максвелла, и др.), астрономию и геодезию.

Будучи научным советником по геодезическим съёмкам при правительстве Ганновера и выполняя в 1821–1823 гг. поручение произвести геодезическую съёмку Королевства Ганновер, в поисках отличия геометрии нашего физического пространства от евклидовой геометрии провёл измерения суммы углов треугольника (наибольшая сторона — около 100 км), образованного горными вершинами Брөкен (1141 м), Инзельсбөрг (914 м) и Хохехяген (данных о высоте нет, видимо, это просто холм у г. Хягена) при помощи изобретённого лично им угломерного геодезического инструмента «гелиотроп». В пределах погрешности измерения сумма углов этого треугольника оказалось равной 180°, т. е. геометрия физического пространства вблизи Земли оказалось евклидовой. (В. Б.)

С другой стороны, чересчур формальное восприятие, придание большого значения математике, отрыв от жизни тоже не создаёт крупного учёного. Возьмём такой пример. В истории русской науки, одновременно с Ломоносовым, членом Русской Академии Наук был Бернулли — крупный математик. Он заинтересовался вопросом кинетической теории газов, он стал изучать математически агрегаты, частицы, двигающиеся с определённой скоростью, и вывел некоторые соотношения, гипотетические предположения, написал об этом очень интересный трактат.

Ломоносов не был сильным математиком, но обладал гениальной интуицией. Он воспринимал кинетическую теорию газов иначе, он стал рисовать все явления в природе, как они могли бы выглядеть, если бы кинетическую энергию газа («живую силу»), кинетическую энергию молекулы считать обусловленной температурой тела, и Ломоносов нарисовал полную картину кинетической теории материи.

Его работа не получила распространения по историческим причинам, не была опубликована и стала известна более широким кругам учёных лишь в 1904 году,¹⁰ когда наш учёный-химик Меншуткин заинтересовался этим сочинением и вскрыл потрясающую картину, что Ломоносов дал полную картину кинетической теории, может быть, своеобразным языком; так, например, «вращательное движение» он называл «коловратным движением» и т. д., но картина была совершенно точная,

¹⁰ *Б.Н. Меншуткин* «М.В. Ломоносов как физико-химик. К истории химии в России» // Санкт-Петербург: Журнал Русского Физико-Химического Общества (отдел второй). 1904. — С. 77–304; эта работа также была опубликована в Известиях Санкт-Петербургского Политехнического Института за 1904 год.

В стенограмме лекции указан 1905 г., возможно П.Л. Капица имел в виду статью Б.Н. Меншуткина «М.В. Ломоносов: первый русский физик и химик» // Вестник Опытной Физики и Элементарной Математики. 1905 (семестр 33). — Выпуски №385, с. 8–12; №386, с. 25–32; №387, с. 57–68. (*В. Б.*)

он на 100 лет опередил всех. Тот же академик Бернулли пришёл к этому математическим путём и не смог развить теорию, а Ломоносов без математики дал потрясающую картину всей кинетической теории.

Таких примеров много. Очень печально, что наша русская наука стояла в стороне от европейской науки. В 18-м веке интернациональная связь учёных была не сильная, и такая работа Ломоносова, как по этому вопросу, так и по многим другим вопросам, не оказала того влияния на развитие мировой науки, которого она заслуживала по историческим причинам, по масштабам Ломоносова. Но ценность работы самой по себе исключительно важна, это исключительное явление — работа Ломоносова по кинетической теории газов.¹¹

Вот основное, что я хотел сказать в начале изучения курса физики и что может вам в этом помочь. Не знаю, как я вам изложил эти вопросы, это довольно трудно излагать. Они не вполне относятся к вопросам науки, а скорее, к психологии молодёжи. Я надеюсь, что это вам поможет, потому что все эти стадии изучения физики, все эти вопросы были мною пройдены, и как я преодолевал эти трудности — я вам сейчас об этом и рассказывал. Я потерял на этом довольно много времени и хотел бы, чтобы подрастающая молодёжь использовала опыт, который мы приобретаем в процессе изучения физики. Может быть, вам это поможет.

Этим можно закончить изложение основных положений, которые могут вам оказать помощь при изучении физики, и на этом я заканчиваю вводную часть.

¹¹См. также *П.Л. Капица* «Ломоносов и мировая наука» // УФН. 1965. Т. 87, вып. 1. С. 155–168 и соотв. очерк в кн. *Академик П.Л. Капица. Жизнь для науки: Ломоносов, Франклин, Резерфорд, Ланжевэн*. Москва : Знание, 1965. Серия «Физика, математика, астрономия», вып. №1. С. 3–21. (В. Б.)

Литература

- [1] *Капица П.Л.* ЭКСПЕРИМЕНТ ТЕОРИЯ ПРАКТИКА: Статьи и выступления. (4-е изд., доп.) — Москва : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. С. 224–231.
- [2] *Капица П.Л.* Стенограммы лекций Физико-технического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 1947–1949 гг.
- [3] *Крылов А.Н.* Мои воспоминания. — Изд-во АН СССР, 1945. С. 111–112.
- [4] *Меншуткин М.В.* М.В. Ломоносов как физико-химик. К истории химии в России // Санкт-Петербург : Журнал Русского Физико-Химического Общества (отдел второй), 1904. С. 77–304.
- [5] *Меншуткин М.В.* М.В. Ломоносов: первый русский физик и химик // Вестник Опытной Физики и Элементарной Математики, 1905 (семестр 33). — Выпуски №385, с. 8–12; №386, с. 25–32; №387, с. 57–68.
- [6] *Капица П.Л.* Ломоносов и мировая наука // УФН. Т. 87, вып. 1 (1965). С. 155–168.
- [7] *Академик П.Л. Капица.* Жизнь для науки: Ломоносов, Франклин, Резерфорд, Ланжевэн. — Москва : Знание, 1965. Серия «Физика, математика, астрономия», вып. №1. 64 с.

Содержание

Предисловие	3
Как следует изучать физику	7
Список литературы	27