

Э. Роджерс

**Физика для
любознательных**

Том 1. Материя, движение, сила

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Э1

- Э1 **Э. Роджерс**
Физика для любознательных: Том 1. Материя, движение, сила / Э. Роджерс – М.: Книга по Требованию, 2013. – 474 с.

ISBN 978-5-458-34853-9

Предисловие к переводу — это рекомендация книги читателю. Редактор перевода, казалось бы, всегда должен быть заинтересован в том, чтобы книга пользовалась максимальным спросом. Поэтому он должен представить ее с наиболее выгодной стороны возможно более широкому кругу читателей. Однако я начну с другого, так как «Физика для любознательных», написанная профессором Принстонского университета Эриком Роджерсом,— книга на редкость своеобразная. Рассчитана она, так сказать, на любителя. Автор поставил перед собой цель изложить основы физики на элементарном уровне, сделав это так, чтобы читатель невольно чувствовал себя участником процесса отыскания и формулирования фундаментальных законов природы. В обычных учебниках законы физики демонстрируются в качестве готовых, хорошо отшлифованных и аккуратно пригнанных друг к другу элементов общей архитектурной композиции величественного здания науки. В книге Роджерса те же самые законы возникают как результат обобщения множества отдельных наблюдений и опытов, в которых автор приглашает читателя принять непосредственное участие и поразмыслить. Каждое новое утверждение, даже если оно относится к давно установленным и хорошо известным фактам, анализируется в работе Роджерса чрезвычайно тщательно, с подробностями и повторениями, иногда даже как будто излишне утомительными.

ISBN 978-5-458-34853-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предисловие к переводу — это рекомендация книги читателю. Редактор перевода, казалось бы, всегда должен быть заинтересован в том, чтобы книга пользовалась максимальным спросом. Поэтому он должен представить ее с наиболее выгодной стороны возможно более широкому кругу читателей. Однако я начну с другого, так как «Физика для любознательных», написанная профессором Принстонского университета Эриком Роджерсом, — книга на редкость своеобразная. Рассчитана она, так сказать, на любителя. Автор поставил перед собой цель изложить основы физики на элементарном уровне, сделав это так, чтобы читатель невольно чувствовал себя участником процесса отыскания и формулирования фундаментальных законов природы. В обычных учебниках законы физики демонстрируются в качестве готовых, хорошо отшлифованных и аккуратно пригнанных друг к другу элементов общей архитектурной композиции величественного здания науки. В книге Роджерса те же самые законы возникают как результат обобщения множества отдельных наблюдений и опытов, в которых автор приглашает читателя принять непосредственное участие и поразмыслить. Каждое новое утверждение, даже если оно относится к давно установленным и хорошо известным фактам, анализируется в работе Роджерса чрезвычайно тщательно, с подробностями и повторениями, иногда даже как будто излишне утомительными.

Существенную роль при этом играет исторический фон. История физики с древнейших времен — неотделимая часть изложения. В живой форме она вплетается во все основные рассуждения. Так, обсуждая законы механики, автор книги делает нас современниками Галилея и Ньютона, и мы вместе с ними пытаемся разгадать глубокие причины, связывающие воедино широкий класс простых явлений, относящихся к движению тел. При этом, конечно, поток научной информации струится перед нами очень медленно. Десятки страниц книги затрачены на то, чтобы разобрать, например, такие элементарные вопросы, как падение тел и законы равномерно ускоренного движения.

Но книга Роджерса не энциклопедия и не справочник по физике. Она предназначена не для того, чтобы читатель сравнительно быстро поглотил большой объем сведений. Ее цель иная — заставить читателя думать, раскрыть перед ним внутренний меха-

низм развития науки, объяснить путем разбора конкретных проблем, как отдельные наблюдения и эксперименты завершаются установлением общих закономерностей, показать роль индуктивного и дедуктивного методов на разных стадиях исследования, продемонстрировать прочность того основания, на котором базируется здание современной физики.

Книга Роджерса может представить интерес в первую очередь для тех читателей, которые по своей специальности далеки от физики, успели забыть школьный курс, но серьезно интересуются этой наукой. Она окажется ценным пособием для преподавателей физики в средних школах, техникумах и вузах, любящих свое дело. Наконец, «Физику для любознательных» могут с пользой изучать любознательные школьники старших классов.

За границей эта книга выдержала 8 изданий. Мы уверены, что и в нашей стране она найдет своего читателя. Из-за большого объема оригинала было признано целесообразным выпустить перевод в виде трех отдельных томов.

Академик Л. Арцимович

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА

Настоящий курс написан для тех, кто, не будучи физиком, хотел бы знать эту науку и понимать ее. Книга содержит теоретическую часть, задачи и указания к лабораторным занятиям в объеме одногодичного курса, читаемого в Принстонском университете студентам, для которых «техническая» физика не является профилирующим предметом, т. е. изучающим экономические, гуманитарные и общественные науки, а также студентам-медикам.

Предлагаемый курс одинаково доступен как тем, кто изучал физику раньше, так и тем, кто не изучал ее совсем. Для усвоения материала нет необходимости прослушать подготовительный курс физики. Эта книга не заимствовала материала или трактовку обычного курса физики для высшей школы, так что она годна для широкого круга читателей.

Ряд тем разработан более подробно; назначение этих тем — формирование гармоничной системы знаний. Хотя математика является важным инструментом физики, в этом курсе использованы лишь наиболее простые элементы алгебры и геометрии на плоскости (планиметрии). Однако необходимое требование — критическое отношение к материалу, ясное мышление и способность логически рассуждать. Задачи, имеющие первостепенное значение, не сводятся к подстановке определенных величин в формулы, для их решения необходимо рассуждать и критически мыслить. Так что и текст и задачи требуют от читателей активной проработки.

Указание читателям

Задачи, составляющие важную в учебном отношении часть этой книги, требуют от каждого учащегося серьезного продумывания материала, ибо они развивают и дополняют запас знаний. В физике имеется много вопросов, нуждающихся в обсуждении и обосновании. Чтобы *понять*, как экспериментальные знания оправдываются теорией, а затем на этой основе появляются новые выводы, читатель должен активизировать собственное мышление и свою способность к логическим рассуждениям. Конечно, если бы в книге были сформулированы все выводы и изложены основы всех рас-

суждений, и преподавателю и учащемуся было бы проще. Но тогда было бы трудно запомнить материал надолго и еще труднее было бы извлечь из него ясное представление о предмете. Поэтому в предлагаемой книге для решения большей части задач требуется пораскинуть умом.

Некоторые задачи разбиты на ряд последовательных вопросов, сделано это не для того, чтобы материал изучался малыми дозами («по чайной ложечке»), а чтобы такие задачи служили готовыми примерами; читателю следует прорабатывать их по мере изучения текста.

Некоторые задачи подготавливают изучение последующих глав, а другие выдвигают общие вопросы, обсуждение которых может во многом облегчить понимание материала.

Указание преподавателям

Около десяти лет назад забота о репутации науки побудила некоторых из нас написать новые учебные курсы для лиц, не занимающихся специально научной деятельностью. В наш век образованные люди, даже не занимаясь наукой, должны знать и понимать физику, и эти блага познания они сохраняют как часть своего интеллектуального багажа на всю жизнь. Образованные люди видят, что научные знания влияют на интересы, перспективы и философию. Какого рода курс физики мог бы удовлетворить таким потребностям? Обычные курсы, состоящие из фактов, формул и принципов, написанные для будущих физиков и инженеров и все еще предлагаемые в качестве стабильных образцов, не отвечают этим требованиям.

Тем, кто не готовится к научной деятельности, такие курсы не дадут необходимого понимания науки. Автору приходилось слышать сомнения даже в том, действительно ли они хороши как отправной материал для профессиональных научных работников.

Желая восполнить этот пробел, автор написал данный курс, каркас которого составляют наиболее важные узловые темы. Эти темы следует излагать особенно тщательно, чтобы дать учащимся ощущение подлинного понимания вопроса; обсуждая взаимозависимость тем, надо стремиться показать все здание науки как единое целое. Автор излагал и науку, и философию науки, не прибегая, однако, к этим запретным словам. Использовано довольно много материалов по физике твердого тела, они тщательно обработаны (в пределах ограниченного математического аппарата), так как

автор хотел не столько снабдить учащихся обширной информацией, сколько дать им знания и понимание предмета.

В тех случаях, когда те или иные темы опущены, образовавшиеся в структуре учебного материала промежутки — паузы — дают возможность педагогам тщательно подготовиться к занятиям, а учащимся предоставляют время для самостоятельного чтения и продумывания предмета; кроме того, эти паузы дают место и время для развития перспективы науки. Автор считает, что от того, что в курс не включены некоторые темы, потеря невелика. Если курс будет усвоен, учащиеся достаточно хорошо будут знать предмет и с помощью научных источников смогут возместить любые пробелы. И если цель будет достигнута, то наш курс подтвердит, что глубина изучения предмета приходит в результате самостоятельных рассуждений и критического мышления; курс должен в большей степени порождать вопросы, нежели преподносить готовые выводы. Такова особенность учебного курса, ради которого была написана эта книга.

Основной план книги

Чтобы сделать доступной учащимся и просто читателям физику на уровне знаний ученых, необходимо показать ее остов, объединяющий знания и размышления. В книге сделана такая попытка; для этого отдельные главы взаимосвязаны. Сведения, сообщаемые в одном месте, еще будут не раз комментироваться и углубляться в дальнейшем. Таким путем знания расширяются как организованная система.

Поскольку большое значение имеет соответствие структуры курса поставленной задаче и методика его преподавания, то для подобного курса нельзя предложить идеальный тематический план. Некоторые элементы универсальны (такие, как, скажем, законы Ньютона), другим же отдают предпочтение большинство преподавателей и многие учащиеся (например, планетная астрономия — для ознакомления с применением теоретических знаний — или ядерная физика, знакомящая с современными научными воззрениями). Таким образом, остается много возможностей для индивидуального выбора тем по вкусу преподавателей и учащихся, с учетом наличного лабораторного оборудования и метода преподавания. Вначале содержание книги было подчинено методологическим взглядам автора; это был вполне приемлемый курс, но с предвзятым выбором тем. Чтобы предоставить преподавателям возможность выбора, некоторые главы были расширены, а ряд других

дополнен. Есть опасность, что эти дополнения перегрузят курс, если читатели будут стремиться охватить все главы.

Однако как подтверждение того, что книга менее перегружена материалом, чем традиционное «полное меню» стандартных курсов, ниже приводится перечень тех разделов, кои полностью опущены в этой книге или трактуются в обычной форме: *гидростатика, статика, калориметрия, оптика, звук и частично электричество и магнетизм*. Таким образом, курс наряду с общими вопросами рассматривает преимущественно динамику, планетную астрономию, молекулярную теорию, электричество, магнетизм и «атомную физику».

В приведенной здесь таблице характеризуются принятые в Принстонском университете методы изучения глав данного курса. (Пунктирные линии примерно делят годичный курс на четверти.)

Методика пользования главами предлагаемой книги при чтении
одногодичного курса

Для детального изучения		Для ознакомления	Пропускаются или используются только для ссылок
на лекциях	в лаборатории		
1, 7, 8	4	2, 3, 5, 6 *, 9 *, 10	6 *, 9 *, 11
16, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 26	(27), 28	12, 13, 14, 15, 23, (27)	20, 24
29, 30 (часть), 36	32, (34)	30 (остальное) 33, 34	31, 25
37, 38, 39, 40, 43, 44 (часть)	41 (часть)	42	41 (остальное) 44 (остальное)

* Использование глав «Поверхностное натяжение» (гл. 6) и «Движение жидкости» (гл. 9) может служить примером индивидуальных склонностей преподавателей. Многие предпочли бы включить измерение длины молекулы масла, другие же предпочитают устранить несколько демонстраций путем показа парадоксов Бернулли в качестве простых примеров второго закона Ньютона.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

МАТЕРИЯ • ДВИЖЕНИЕ • СИЛА

«Дайте мне материю и движение и я построю Вселенную.»

Рене Декарт (1640 г.)

«...от явлений движения к исследованию природы сил и затем от этих сил — к демонстрации других явлений: ...движения планет, комет, Луны и моря...»

Исаак Ньютон (1686 г.)

«Пусть никто не думает, что великое создание Ньютона может быть ниспровергнуто теорией относительности или какой-нибудь другой теорией. Ясные и широкие идеи Ньютона навечно сохранят свое значение фундамента, на котором построены наши современные физические представления.»

Альберт Эйнштейн (1948 г.)

ГЛАВА 1 • ЗЕМНОЕ ТЯГОТЕНИЕ

«Что отличает язык науки от языка в обычном понимании этого слова? Как произошло, что научный язык стал интернациональным? Единство научных понятий и научного языка обусловлено тем обстоятельством, что они создаются лучшими умами всех времен и народов. В одиночку и объединенными усилиями, если иметь в виду конечный эффект, они создавали духовное оружие для технических революций, которые в последние столетия преобразили жизнь человечества. Выработанные ими понятия служат путеводной звездой в ошеломляющем хаосе восприятий и учат нас извлекать общие истины из отдельных наблюдений».

А. Эйнштейн

Введение

Начать с обсуждения научных методов или структуры науки — все равно, что судить о какой-нибудь стране до того, как в ней побываешь. Поэтому выберем один из разделов физики — земное тяготение и свободное падение тел — и сразу же приступим к его изучению, а потом обсудим общие идеи, связанные с этой темой.

О подстрочных примечаниях

Мы советуем сперва прочесть главу, опуская подстрочные примечания, а потом все внимательно перечитать снова — и текст, и примечания. Некоторые подстрочные примечания тривиальны, но многие содержат важные замечания и прямо относятся к курсу. Это отнюдь не мелкие детали, которые автор вводил в книгу только затем, чтобы впоследствии не испытывать угрызений совести, что он их опустил. Эти вынесенные за текст замечания позволяют сделать его более связным. Если их поместить в основной текст (а некоторые трактуют побочные вопросы), внимание читателя будет рассеиваться. Но влечение в канву изложения новых узоров само по себе демонстрирует всю сложную структуру науки, и поэтому при повторном чтении необходимо читать и примечания.

Свободное падение тел

Давайте понаблюдаем за падением камня и поразмыслим над тем, что нам известно о свободном падении тел. Как мы получили эти знания? Каким образом мы свели их в систему законов, которые четко запоминаются и которыми легко пользоваться? Что они дают? Почему мы придаем такое значение научным знаниям, принявшим форму законов? Прежде чем читать дальше, проделайте следующий опыт. Возьмите два камня (или две книги, или две монеты) разных размеров. Прикиньте, намного ли больший тяжелее. Представьте себе, насколько быстрее он будет падать, если оба камня одновременно свободно выпустить из рук. Вы, конечно, предположите, что камни будут падать со скоростями, пропорциональными их весу: камень весом 100 Г будет падать вдвое быстрее камня весом 50 Г. Теперь поднимите оба камня повыше и выпустите их из рук одновременно... Чему вы склонны поверить: тому, что видите, что предполагали, или тому, «что написано в книге»?

Много тысячелетий назад люди наверняка замечали, что большая часть предметов падает все быстрее и быстрее, а некоторые падают равномерно. Но *как именно* падают эти предметы — этот вопрос никого не занимал. Откуда у первобытных людей должно было появиться стремление выяснить *как* или *почему*? Если они вообще размышляли над причинами или объяснениями, то суеверный трепет сразу же заставлял их думать о добрых и злых духах. Мы легко представляем, что эти люди с их полной опасности жизнью считали большую часть обычных явлений «хорошими», а необычные — «плохими»; ведь и мы сегодня употребляем слово «естественный» в качестве положительной оценки, а «нестественный» говорим с оттенком неприязни.

В этом стремлении к обычному есть нечто мудрое: в мире, лишенном установленного порядка и полным случайностей, было бы опасно жить. Едва выйдя из пеленок, дети лишаются надежной защиты и попадают в суровый, безжалостный мир, в котором кирпичные стены ставят синяки, а раскаленная печь может обжечь до волдырей. Детям нужен безопасный и упорядоченный мир, подчиняющийся определенным правилам. Поэтому они бывают так довольны, когда сложным явлениям окружающего мира дают ся уверенные «объяснения». Стремление искать безопасность в порядке, которое мы наблюдаем у развивающихся детей, вероятно, характерно было и для более медленного процесса превращения первобытного дикаря в цивилизованного человека. В процессе развития цивилизации великие мыслители делали попытки объ-