

Л. Купер

Физика для всех

Том 1. Классическая физика

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Л11

Л11 **Л. Купер**
Физика для всех: Том 1. Классическая физика / Л. Купер – М.: Книга по Требованию, 2023. – 494 с.

ISBN 978-5-458-34310-7

Книга одного из видных американских физиков, лауреата Нобелевской премии Леона Купера содержит популярное изложение всей физики: от механики Галилея — Ньютона до квантовой механики и теории элементарных частиц. Автор не ограничивается простым рассмотрением тех или иных разделов физики, а анализирует основы физических явлений, выясняет связь между ними. Л. Купер блестяще владеет пером популяризатора, так что даже сложные вещи он преподносит просто, живо и увлекательно. Настоящий, том 1 охватывает «классические» разделы физики: механику, оптику, электричество, молекулярную физику и термодинамику, рассматриваемые с позиций современной науки. В томе 2 «Современная физика» будут рассмотрены следующие вопросы: теория относительности, элементы квантовой механики, строение атома и атомного ядра, физика элементарных частиц и другие проблемы физики последних лет.

ISBN 978-5-458-34310-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

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 оригиналe, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном 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.

Моему отцу

*ЭТО ПРАВДА, ЧТО ХРАМЫ НЫНЕ
ВОЗДВИГАЮТ В НАУКЕ, НО ЖАЛЬ,
ЧТО ЛЮДИ НЕ МОГУТ
ВОЙТИ В НИХ
И ДОТРОНУТЬСЯ ДО ИХ КАМНЕЙ*

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА

Считается, что физика очень сложна, и сами физики это признают. Однако если рассматривать отдельно создание новых физических теорий и усвоение того, что сделано другими, то последнее, по-видимому, не требует большей настойчивости или сообразительности, чем изучение, например, поэзии, иностранных языков или любого другого из множества проявлений творческой фантазии человека. Различие лишь в вознаграждении. Музыка или картина могут непосредственно затрагивать наши чувства. В физике же мы не услышим рыдания скрипок и не увидим поражающих воображение образов. Здесь драма развертывается в процессе творчества, а могущество содержится в его результатах, наш же энтузиазм в работе порождается исключительно изяществом, стройностью и эстетической законченностью науки (это, возможно, относится и к безупречному роману). Физические образы, к сожалению, менее привычны, чем те, которые мы видим на картине, в опере или в романе, однако для изощренного вкуса они не менее привлекательны. Я надеюсь, что эта книга поможет войти в мир физики тем, кто, не имея особых технических способностей, хотел бы им полюбоваться, а также познать очевидную связь физики с другими видами человеческой деятельности, которые вместе образуют то, что мы называем цивилизацией.

Меня предупреждали, что книгу написать очень трудно, но чтобы в этом убедиться, нужно было ее написать. Мне помогали в работе многие люди, я пользовался сведениями, заимствованными из множества других книг, в частности: «Аристотель, Галилей и Пизанская башня» Лэн Купер, «Грань объективности» К. Гиллеспи, «Хрестоматия по физике» У. Ф. Мэги, «Мир атома» Г. Борса и Л. Мотца, «Физика», изданной Комитетом по изучению физической науки, «Основы электромагнитной теории Максвелла» А. Борка и «Революция Коперника» Т. Куна.

Я хотел бы выразить свою признательность многим ученым, преподавателям и студентам, которые оказали мне большую помощь при работе над книгой.

Леон Н. Купер

О ПРОБЛЕМЕ ДВИЖЕНИЯ

«Возьми два свинцовых шара (как делал знаменитый Жан Гроти, прилежный исследователь природы, и я в своих ранних опытах), один из которых в десять раз тяжелей другого, и урони их одновременно с высоты 30 футов на деревянную доску или какое-либо иное твердое тело, издающее отчетливый звук; ты сразу же обнаружишь, что более легкий шар упадет на доску не в десять раз медленней, но столь одновременно с другим, что звуки падения обоих шаров сольются в один. То же самое случится и с телами равных размеров, но отличающимися по весу, как десять и один. Посему пропорция, приписываемая Аристотелем, чужда истине».

Симон Стевин (1548—1620)

«Падение куска золота или свинца, или любого другого тела, наделенного весом, происходит тем быстрее, чем большие его вес...»

Аристотель (384—322 гг. до н. э.)

«Существуют вещи абсолютно ложные и вещи, которые лучше проверять опытными фактами, чем любыми логическими заключениями. Если взять две массы, существенно различающиеся по весу, и уронить их с какой-то высоты, то легко заметить, что отношение их времен падения не только не следует отношению их весов, но различие этих времен чрезвычайно мало; так что, если веса отличаются не сильно, скажем одно тело тяжелее другого вдвое, различия во временах либо вовсе нет, либо оно незаметно».

Иоанн Филопон (533 г. н. э.)

1

ПИЗАНСКАЯ БАШНЯ

Если верить Диогену Лаэртскому, Аристотель «шепелявил...», имел тощие ноги, маленькие глазки и выделялся своими нарядами, кольцами и прической». Он родился в Стагире в 384 г. до нашей эры; когда ему исполнилось семнадцать, он приехал в Афины, где прожил 20 лет, обучаясь у Платона вместе с другими его учениками. После смерти Платона Аристотель покинул Афины и в возрасте 42 лет, вполне созревший для серьезной деятельности, согласился возглавить школу в Пелле, созданную для тринадцатилетнего сына Филиппа Македонского. Когда через шесть лет Филипп неожиданно умер, школа была закрыта: новый царь Александр больше не нуждался в учителях.

В 335 г. Аристотель возвратился в Афины и основал вблизи города первый «университет»—Ликей. Говорят, Александр подарил ему 800 талантов, что составляло огромную сумму, и приказал рыбакам и охотникам сообщать Аристотелю обо всем, что могло бы его заинтересовать. Создав прообраз современного колледжа, Аристотель ввел в нем правила поведения, установил общее питание для всех студентов и, вероятно, основал музей. Помимо этого он ежемесячно проводил симпозиумы, предвосхищая тем самым современные специальные школы, и в широких масштабах организовал исследования. После смерти Александра (323 г. до н. э.) изменчивая политическая ситуация в Афинах стала для Аристотеля, бывшего признанного фаворита Александра, неблагоприятной. Когда ему предъявили традиционное обвинение в безбожии, Аристотель покинул город и тем самым спас Афины от позора второго убийства философа (судьба Сократа была еще свежа в памяти). Через год он скончался.

Своему сыну Никомаху Аристотель советовал выбирать во всем золотую середину. Поэты, говорил он, должны не копировать жизнь, а стремиться ее организовать. Он ввел систему логики, которая используется по настоящее время, и попытался размежевать различные области науки и сделать невозможным, чтобы теоремы в какой-либо области доказывались с помощью принципов из другой области. Он полагал, что каждая наука — геометрия, арифметика и т. д.— должна иметь свои собственные постулаты. Свойства, которые обнаруживаются во всем, Аристотель назвал аксиомами, имея в виду общепринятые высказывания, соглашения. Он очень много и подробно написал по естественной истории; он был не только философом, но и нравоучителем, ученым-политиком, литературным критиком, физиком, биологом, практиком-естественноиспытателем, логиком и учителем. Он разрабатывал методы, придумывал слова, проводил наблюдения, собирал образцы, объединял, подвергал сомнению и осмысливал почти все, что было сделано до него; кажется, что он старался высказать свое

(либо чье-нибудь) мнение по всем вопросам, которые тогда возникали. Быть может, в том и заключалась беда, что лекции Аристотеля представляли собой энциклопедию античной мысли, богатую по разнообразию тем и содержащую столь законченный взгляд на мир; в результате научная мысль в Европе до эпохи Возрождения оказалась полностью под влиянием идей Аристотеля.

После смерти Аристотеля его заметки, сохранившиеся в течение некоторого времени в пещере неподалеку от его дома, были проданы Александрийской библиотеке, которая стала после упадка греческих городов-государств центром научной мысли. Во втором веке н. э. на Западе появилось несколько оригинальных работ. Это были энциклопедии и комментарии прошедших событий, однако ко времени арабского вторжения в седьмом веке научная деятельность в основном замерла. В течение последующих столетий, т. е. времени, которое мы называем теперь мрачным средневековьем, даже то, что было ранее известно, в основном забылось. Только в нескольких монастырях из поколения в поколение переписывались древние документы. При этом документы терялись, а их содержание искажалось. Из работ Евклида сохранился лишь неполный латинский перевод, сделанный в шестом веке Боэцием, из работ Птолемея — практически ничего, а из трудов Аристотеля — только несколько трактатов по логике.

В десятом-двенадцатом веках, в период общего подъема культуры, были обнаружены написанные на арабском языке различные древние тексты, которые переводились на латынь. Университеты Европы возникли там, где велись неофициальные диспуты, на которых обсуждались найденные тексты, заново изучались переведенные на латынь труды Аристотеля. При переводе допускались ошибки, которые служили источником невообразимой путаницы и привели к появлению ученых новой профессии, а именно людей, пытавшихся докопаться до истинного содержания античных документов. Эти люди, изумленные богатством найденного наследия прошлого, тратили колоссальные усилия и энергию, чтобы понять его, полностью посвящая себя этой деятельности.

В течение этого времени позиция церкви — основной политической и культурной силы в Западной Европе — по отношению к древним текстам резко переменилась. Сначала она относилась к ним подозрительно. В Париже было запрещено преподавание физики Аристотеля, поскольку содержание древних текстов не вполне соответствовало христианской доктрине. Однако благодаря стараниям христианских ученых, наиболее выдающимся из которых был Святой Фома Аквинский (1225—1274), идеи Аристотеля были согласованы с догмами христианской религии, после чего учение Аристотеля о строении Вселенной — его собственные исследования, критические замечания, записи чужих домыслов и идей — превратилось в один из актов христианской драмы спасения; с этих пор нападки на учение Аристотеля стали расцениваться как нападки на саму церковь.

ВЗГЛЯДЫ АРИСТОТЕЛЯ НА ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ

Земля считалась центром Вселенной Аристотеля и его физики. Тяжелые предметы должны падать на Землю, а легкие — подниматься вверх. Аристотель писал:

«Я именую легким то, что всегда стремится двигаться вверх, и тяжелым то, что всегда стремится двигаться вниз при отсутствии какого-либо вмешательства».

Далее:

«... естественное движение Земли, так же как и движение отдельных ее частей, направлено к центру Вселенной: вот почему сейчас Земля находится в центре... Легкие тела, подобные огню, движение которых противоположно движению тяжелых тел, стремятся к краю области, окружающей центр» [1].

Вселенная Аристотеля была замкнута, ограничена снаружи небесной сферой и заполнена воздухом, землей, огнем, водой и небесной субстанцией. Между граничной небесной сферой и Землей, расположенной в центре, находились сферы всех планет, Солнца и Луны. Каждая из этих сфер вращалась вокруг Земли, а все пространство между ними было заполнено «пленоей» (plenea — подобие эфира, субстанция, прозрачная, как воздух).

Наряду с телами, естественное движение которых было направлено либо вниз, либо вверх, Аристотель ввел понятие небесного вещества (то, из чего состояли звезды и планеты), естественное движение которого — вращение вокруг центра Вселенной. Таким образом, все виды движения разбивались им на два класса: естественное движение, т. е. движение, определяемое природой тела и не требующее никакого внешнего воздействия, и силовое (принудительное) движение, не зависящее от природы тела, а определяемое внешними силами.

Элементы, из которых Аристотель построил свою Вселенную, различались между собой в основном не по материальному содержанию, а по характеру их естественных движений и стремлению занять различные места в пространстве. Если тело не находится в состоянии своего естественного движения, значит, согласно Аристотелю, на него действует внешняя сила. Например, повозка, движущаяся по дороге, не совершает естественного движения к центру из-за действия приложенной к ней силы со стороны лошади. Звезды же и Луна не требуют для своего движения вокруг Земли никакой силы, так как они состоят из небесного вещества и находятся в естественном движении. Таким образом, место, которое занимает тело, имеет абсолютное значение; центр Вселенной отличается от ее периферии, что означает фундаментальную связь между геометрией пространства и характером движения тел.

Физические теории Аристотеля являлись систематизацией взглядов того времени; они соответствовали фактам в той мере, в какой

Аристотель их понимал. Явления, на которые ссылался Аристотель, были прости: лошадь непрерывно напрягалась, чтобы тянуть повозку по ровной дороге, или камень опускался на дно озера. Из подобных явлений можно было непосредственно заключить, что для толкания повозки требуется сила, а тяжелые предметы падают быстрее, чем легкие. Казалось, что единственными движениями, которые не требуют внешнего воздействия, являются падение тел (если они тяжелые), подъем их вверх (если они легкие) и вращение вокруг Земли (если тела состоят из небесного вещества). На предмет, движущийся по прямой линии с постоянной скоростью (например, на повозку), должна действовать сила. Таким образом, Аристотель никогда не рассматривал то, что мы называем теперь трением или сопротивлением, как силу, отделенную от движения. Когда это отделение было окончательно проведено, возникло понятие инерции и сложились все современные взгляды на движение тел¹⁾.

КРИТИКА ИДЕЙ АРИСТОТЕЛЯ

Когда в Европе получила известность физика Аристотеля, она стала предметом критики со стороны многих ученых-схоластов. В четырнадцатом веке член Парижской школы Никола Оресм оспаривал взгляды Аристотеля об исключительности Земли. Он высказал идею, что движение звезд невозможно установить по их видимым с Земли перемещениям, так как движения звезд и Земли относительны: звезды могут быть неподвижны, а Земля двигаться и наоборот — в любом случае эффект будет один и тот же. «Точно так же, — говорил он, — как человеку, сидящему в движущейся лодке, представляется, что деревья перемещаются мимо него». Теория движения снарядов, предложенная Аристотелем, постоянно подвергалась критике. Было очень трудно понять, почему снаряд продолжает двигаться вверх (неестественное для него движение), когда на него перестает действовать сила. Критики Аристотеля выдвинули теорию, согласно которой тело под действием силы получает некий толчок, *impetus* (сейчас мы назвали бы его импульсом), который поддерживает дальнейшее его движение.

Постепенно ревизия взглядов Аристотеля привела к конфликту между критиками и большинством ученых, которые расценивали его труды как последнее и, более того, единственное слово в науке. Несмотря на то, что несоответствия в физике Аристотеля были известны

¹⁾ Вероятно, грекам не часто представлялись случаи перемещаться настолько плавно (подобно движению в самолете или на океанском лайнере), чтобы невозможно было определить, не выглядывая в окно, движутся они или нет. Подобные случаи сразу же дают почувствовать то, что позднее будет названо законом инерции: чтобы перемещаться с равномерной скоростью, не требуется дополнительной тяги или толкания. Такие ощущения греки могли бы, пожалуй, испытать лишь внутри корабля, движущегося по очень спокойному морю. Однако Эгейское море не отличается спокойствием. (Анализ физики Аристотеля можно найти и в книге Куна [2].)