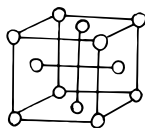
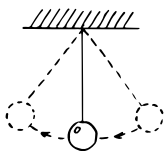
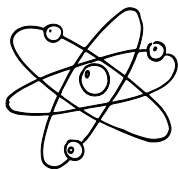


НАУКА
НА ПАЛЬЦАХ

АЛЕКСАНДР НИКОНОВ

ФИЗИКА

ДЛЯ ТЕХ,
КТО (НЕ) ЗНАЛ,
НО ЗАБЫЛ



Москва
Издательство АСТ

УДК 087.5:53
ББК 22.3
Н64

Никонов, Александр.

Н64 Физика для тех, кто (не) знал, но забыл /
А.П. Никонов. — Москва : Издательство АСТ,
2020. — 352 с. — (Наука на пальцах).

ISBN 978-5-17-117610-5

Физика — важнейшая наука, способная и ответить на многие наши вопросы об устройстве окружающего мира, и в то же время существенно поколебать устоявшиеся представления о привычных явлениях. Последние исследования ученых подтверждают существующие теории, открывают совсем новые пласты знаний, и не представлять сейчас, что нас окружает и как оно работает, уже не современно.

Александр Никонов в своей книге рассматривает физику и астрофизику комплексно, освежая уже забытые школьные знания, поясняя новейшие открытия и уточнения ранее известных физических законов, знакомя нас с новыми понятиями и фактами. И даже если физика в школе казалась вам скучной и непонятной, то сейчас с позиции взрослого образованного человека вы сможете заново открыть для себя эту на самом деле чертовски увлекательную науку!

УДК 087.5:53
ББК 22.3

ISBN 978-5-17-117610-5

© Никонов А.П., текст
© ООО «Издательство АСТ»

От автора

ДОБРОЕ СЛОВО НАДЕЖДЫ И ГОРЬКОЙ ПРАВДЫ

Однажды, оглядевшись вокруг, автор остался весьма неудовлетворенным состоянием дел в стране. Потому что кругом выросли необыкновенные пустоцветы!

Просто зла не хватает!

Та юная поросль, которая автора окружала, растила меня до необычайности. Потому что поросль эта — местами, кстати, не такая уж и юная, а вполне себе половозрелая! — на грош не представляла себе, как устроен наш мир. А ведь люди в мою бытность это знали! Знания они получали из советской школы, где сдавали трудные экзамены, а также из научно-популярных книжек, издававшихся в проклятое имперское недемократическое время в огромном изобилии. Тираж в сто тысяч тогда считался крохотным и вызывал умиление. А теперь гляньте на тираж этой книги и заплачьте... Правда, ассортимент книг при Совдепии был меньше, зато они выдерживали самую суровую академическую редактуру, и даже детские научно-популярные

От автора
(Доброе слово надежды и горькой правды)

книжки были густо напичканы формулами с интегралами — вот где жечь!

Тем не менее надо отметить, что из-за низкого ассортимента информационная среда при Совдепии была довольно бедной, домашних компьютеров тогда не существовало, не говоря уж о всемирной информационной сети, телефоны были проводными, пресса и телевидение — казенными и неуклонно придерживавшимися линии партии. Поэтому жажду знаний граждане удовлетворяли путем чтения научно-популярной и даже специальной литературы. Буквально грызли всухомятку неудобоваримый гранит науки. А что делать, это была единственная наша отдушина! (Правда, введения и предисловия приходилось пропускать, поскольку и там для проформы упоминался марксизм и его передовая роль в науке.)

Короче, в те суровые годы критерии научной популярности были совершенно иными, нежели в свободном мире. Сейчас-то даже ученых, ваяющих книги для широкой публики, редакторы, больно выламывая им руки, заставляют писать про сложнейшие проблемы физики так, что даже мне, кое-что в этом понимающему, становится ни черта не понятно, что же хотел сказать автор, настолько примитивно все изложено, настолько упрощается, и оттого выхолащивается вся суть.

А когда-то, повторяюсь, книги для народа писались с формулами, ибо авторы предполагали, что школьный курс математики людьми не забыт, и каждый советский выпускник знает, что такое интеграл и что такое производная — это предел отношения приращения функции к приращению аргу-

мента, когда последний стремится к нулю... Видите, я воспроизвел это определение по памяти, не заглядывая ни в какие гуглы-шмуглы эти ваши! Есть еще порох в пороховницах и ягоды в ягодицах!

И, между прочим, советские авторы и редакторы были правы в своих предположениях о незыблемости школьных знаний. Автор сих строк — лучшее тому доказательство. Рассказываю историю...

Однажды через много лет после окончания вуза приключился со мной преудивительнейший случай. Сидел я как-то поздним вечером на кухне уставший и вдруг вспомнил анекдот своей молодости. Звучит он так: «Первая степень деградации инженера после окончания вуза — инженер забывает таблицу интегралов... Вторая степень деградации инженера — инженер забывает таблицу умножения... Третья степень деградации инженера — инженер надевает на лацкан «поплавок».

Поплавок, если вдруг кто забыл, — это синий ромбовидный значок о высшем образовании с перекрещенными молотками на эмалированной эмблеме, уж не знаю, дают нынешним студентам такие или нет...

Вспомнился мне этот анекдот вот по какой причине — я вдруг подумал, что со времен окончания вуза прошло уже изрядное количество лет, и какая же у меня теперь стадия деградации? Значок я еще не ношу, что, правда, можно списать на полное отсутствие у меня пиджаков — некуда нацепить. Таблицу умножения, кажется, еще помню, хотя на многих строчках уже запинаясь. А вот, например, площадь круга...

И тут — о, ужас, о, дикий ужас! — я вдруг понял, что не могу точно вспомнить площадь круга — то ли

«пи эр квадрат», то ли «два пи эр квадрат». Это был явный заскок. Из тех, что случаются с каждым человеком, когда он внезапно забывает какое-то знакомое слово — смотрит на предмет и не может вспомнить, как эта штука называется. Фамилия, бывает, чья-нибудь иногда так выскакивает из головы. Кажется, еще минуту назад помнил, а тут вдруг — бац, ступор какой-то, вылетело слово. И чем сильнее хочешь вспомнить, тем больше клин. В таких ситуациях нужно просто успокоиться и подумать о чем-то другом, и тогда через пару минут сбой программы рассосется, и нужное слово к тебе вернется само.

Я это знаю и знал. Но в тот раз изрядно перепугался: неужто я совсем стал дурак — забыл площадь круга? Неужели пора искать в кладовке ромбовидный значок с перекрещенными молотками и цеплять на свитер? Я лихорадочно схватил ручку, обрывок бумаги и решил просто-напросто вывести площадь круга, раз я ее так позорно забыл. Нарисовал круг, в нем — элементарный треугольник с высотой в радиус и основанием в «дельта икс». Взял интеграл по замкнутому контуру. И получил площадь круга — «пи эр квадрат». Без всякой двойки впереди. И тут же вспомнил, что двойка — у длины окружности.

Горд собой был до чрезвычайности. Напился чаю с лимоном... Умели раньше делать специалистов!

А сейчас? Где та знаменитая «Библиотечка «Квант»» и другие издания, издававшие на-гора для советской интеллигенции рассказы о сопредельных науках для повышения общего уровня развития? Нетути!.. Оттого и впал я в печаль, обнаружив вокруг себя в людских головах полную физическую пустоту, именуемую по-научному «ва-

куум». Каковой вакуум я и решил заполнить, перехватив упавшую в грязь бесхозную эстафетную палочку просветительства. А что делать, если ни современные взрослые, ни их дети-школьники не знают, как устроен мир, в котором они живут?

Да тут еще ЕГЭ на школьное образование навалился. В результате дети учатся угадывать ответы и ставить галочки, проскальзывая таким образом мимо сути.

Короче, хочешь сделать хорошо, сделай сам, вспомнил я известную поговорку и начал с детей: написал для них несколько книжек — о физике, астрономии, эволюции, экономике (вот уж где марксизму досталось по полной программе!).

А потом позвонили из издательства и сказали:

— А взрослые-то тоже тупые! Учились они в мрачные девяностые и в тучные нулевые, когда было не до знаний: знания одинаково плохо усваиваются как на голодный желудок, так и на сытый. Сделайте теперь «Физику» для взрослых.

И, образовав, насколько сил хватило, детей этого потеряннного поколения, я решил взяться за нас самих.

— Нужно просто немного переделать детскую книгу по физике для другой аудитории, оставив доступность изложения и убрав снисходительный тон, — таким было задание... чуть не сказал «партии»... издательства.

И я его с честью выполнил, ибо имею талант излагать просто сложные вещи. Да к тому же без формул, следуя запросам сегодняшнего дня.

Все, я закончил свое выступление. Можете приступать к освоению материала...

Глава 1

КОГДА Б ВЫ ЗНАЛИ, ИЗ КАКОГО СОРА...

АТОМНОЕ НАЧАЛО

Впервые мысль о том, будто все вещество состоит из мельчайших неделимых частичек, выдвинули философы Древней Греции. Как они пришли к этой странной мысли?

Оказывается, для некоторых открытий не нужны ни микроскопы, ни ускорители, ни высшая математика. Достаточно житейского ума и логики. Следите за мыслью древних греков, и вы сейчас почувствуете себя каким-нибудь Аристотелем или даже хуже — Сократом...

Греки, у которых, видать, образовалась масса свободного времени, пока рабы трудились в полях, однажды, прогуливаясь в тогах под оливами на фоне ярко-синего моря, задумались: а насколько вообще делимо вещество? Современный человек, привычный к бесконечностям, может махнуть рукой: да оно бесконечно делимо! Всегда можно расколоть самую маленькую крошечку на две поменьше!

Никонов Александр

(Физика для тех, кто не понимает формулы)

Вот тут и возникает проблема. Потому что если мы поднатужимся и представим себе некую условную «самую маленькую частицу вещества», мы и вправду можем спросить: а вдруг она состоит из еще более мелких деталек, между которыми — пустота?

Собственно говоря, даже исходя из современных представлений об устройстве вещества, атом практически пуст внутри — если атом увеличить до размеров олимпийского стадиона, ядро атома будет с футбольный мяч, а крайние орбиты электронов, кружащихся вокруг ядра, пройдут по последним рядам сиденьев. Причем сами электрончики будут размером с маковое зерно. А все остальное в атоме — это **пустота!**

Если теперь взять ядро атома, в коем и сосредоточено 99,9% массы вещества, то мы увидим, что оно состоит из более мелких частичек — протонов и нейтронов. А между ними — опять пустота? Но если дробить детали до бесконечности, то мы увидим, что ни черта в материи нет, кроме пустоты. Нету ее, материи!

— Значит, — рассудили древние греки, — должны быть какие-то мельчайшие неделимые твердые частички материи, чтобы материя все-таки существовала, раз уж она есть.

И называли они эти мелкие неделимые частицы **атомами**. Потом наука узнала, что атомы не являются неделимыми кусочками материи, атомы можно разобрать. Они состоят из так называемых элементарных частиц. Элементарных — значит по-настоящему неделимых.

Как это неделимых?! Позвольте!.. А если по ним хорошенечко шарахнуть чем-нибудь? Ну, напри-

мер, такими же частицами, чтобы разломать и посмотреть — может, там еще какие-то детали есть?

Шарахнули. И неоднократно. Собственно, те самые огромные ускорители, которые строят за бешеные деньги физики по всему миру, включая знаменитый адронный коллайдер, для того и нужны, чтобы разгонять элементарные частицы и шарахить их друг о друга. Одни частицы здесь выступают в роли молотков, другие — мишеней.

Так вот, выяснилось, что частицы, называемые элементарными, и вправду элементарны — они не разваливаются на детали. Они или превращаются в другие частицы, или же в экспериментах образуется целая куча дополнительных частиц, больше, чем было! Из чего они образуются? А из энергии (скорости), которую физики придали частицам-молоткам, когда их разгоняли для удара по частицам-мишеням. Оказалось, масса и энергия — это одно и то же. Впрочем, об этом мы еще поговорим позднее, а пока вернемся к делимости и неделимости.

Несмотря на составную структуру, атомы и даже более крупные частицы вещества, состоящие из нескольких атомов и именуемые молекулами, и вправду можно назвать в каком-то смысле неделимыми! Потому что они на самом деле являются мельчайшими частицами данного вещества! И если молекулу развалить, ее части уже не будут обладать свойствами исходного вещества — вот что имеют в виду, когда говорят о неделимости. Это как если автомобиль на запчасти разобрать — машины уже не будет, и, хотя все детали останутся на месте, никуда на них уже не уедешь, потому что потерялась взаимосвязь, организация.

Если молекулу воды разобрать на части, то H_2O уже не будет, а получится одна молекула кислорода и пара молекул водорода. Если же разобрать самую маленькую частицу водорода — его атом, то получатся элементарные частицы, а не водород.

Древние греки были парни головастые и уже знали, что из двух разных веществ можно сделать третье — с совершенно другими свойствами, которыми не обладают первые два. Ну, например, можно в расплавленную медь добавить другой металл — олово. И получится сплав под названием «бронза», который обладает особой твердостью и текучестью, которыми ни медь, ни олово по отдельности не обладают.

Но отсюда один шаг до следующей идеи — а может, все вещества в мире тоже состоят из каких-то более простых элементов, как та же бронза, сделанная из меди и олова? И быть может, элементов этих не так уж много? Как из цветной мозаики или нескольких красок можно сделать бесконечное множество картин, как из малого числа букв можно сделать сотни тысяч слов и миллионы разных книг, так и из ограниченного числа природных элементов складывается бесконечное множество веществ?

Богатая идея!

Греки решили, что все огромное разнообразие самых разных веществ в мире на самом деле состоит из четырех простых элементов — земли, воды, огня и воздуха — в разных сочетаниях. Они это просто придумали. Высосали из пальца. И, конечно, ошиблись, но их ошибка была воистину гениальной! Ведь греки сделали большой шаг вперед — отказались от мифологических, религиозных объяснений и приме-

нили к познанию мира научный принцип анализа: начали говорить о разложении и взаимопревращении разных веществ. Направление их мысли оказалось верным, и в дальнейшем наука подтвердила: действительно все многообразие мира складывается из простейших составляющих. Эти простейшие вещества так и назвали «элементарными веществами» или просто «химическими элементами».

Периодическая таблица элементов Менделеева вот как раз про это! Сколько там химических элементов, припоминаете?.. Порядка сотни клеточек с латинскими буквами — вот столько во вселенной деталек мирового конструктора. Не так уж мало! Во всяком случае, не пять, как думали греки.

Многие из элементарных химических веществ вы прекрасно знаете. Золото, например. Железо. Свинец. Вообще все известные металлы — это хи-

Никонов Александр
(Физика для тех, кто не понимает формулы)

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru

| Период | ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | | | | | | | | 0 |
| 1 | 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He |
| 2 | 3 Li | 4 Be | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne | | | | | | | | | | 18 Ar |
| 3 | 11 Na | 12 Mg | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar | | | | | | | | | | 36 Kr |
| 4 | 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | | | | | | | | 54 Xe |
| 5 | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr | | | | | | | | | | 86 Rn |
| 6 | 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | | | | | | | | 118 Og |
| 7 | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe | | | | | | | | | | 118 Og |
| 8 | 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | | | | | | | | 118 Og |
| 9 | 57 La | 88 Hg | 81 Bi | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn | | | | | | | | | | 118 Og |
| 10 | 87 Fr | 88 Ra | 89-103 | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | | | | | | | | 118 Og |
| ЛАНТАНОИДЫ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АКТИНОИДЫ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


 Д.И. Менделеев
 1834-1907
 ПОРЯДОК ЭЛЕМЕНТА
 НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА
 СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА
 АТОМНАЯ МАССА
 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ
 — металлы
 — неметаллы
 — металлоиды
 — газы

Таблица Менделеева — это химическая палитра.
Это краски, которыми нарисован мир

мические элементы, то есть простейшие вещества. И многие газы.

А вот сталь — это сплав двух элементов — железа и углерода. В чистом виде железо нигде не используется, поскольку оно мягкое. Углерод вы тоже прекрасно себе представляете, он является основой угля (поэтому так и называется — «углерод», то есть «рождающий уголь»). Соединение железа и углерода дает нам сталь или чугун (в зависимости от количества добавленного в железо углерода, если мало углерода — сталь, много — чугун).

Воздух, которым мы дышим, тоже «сплав», точнее, смесь разных газов, среди которых кислород, азот и углекислый газ. Кислород и азот — химические элементы, то есть простейшие вещества. А вот углекислый газ — сложное вещество, состоящее из двух простых элементов — кислорода и углерода: CO_2 .

Читатель может спросить:

— А чего это мы вдруг в химии оказались, начав с физики?

А потому что химия — это, по сути, раздел физики. Собственно говоря, настоящей наукой химия, возникшая из средневековой алхимии, стала только тогда, когда была открыта таблица Менделеева и пришло понимание того, что же, собственно говоря, эта таблица описывает. А описывает она чистую физику — как устроено вещество в самых своих основах...

Что же получается?

Получается, что атомы — это детали конструктора, из которых собираются молекулы разных веществ. Деталек довольно много, около сотни, но

все же их ограниченное количество. Однако из них можно собрать тысячи, миллионы разных конструкций! Самые сложные молекулы содержатся в нашем теле. Они могут состоять из миллиардов атомов, как, например, молекула ДНК.

Возьмем классический школьный пример — поваренную соль. Она сделана из двух «деталек» — металла по имени натрий и газа по имени хлор: NaCl . Натрий — очень редкий и мягкий металл, его можно ножом резать. Если кусок натрия бросить в воду, то лучше сразу отбежать подальше. Потому что натрий зашипит, начнет бегать по поверхности воды, выделяя белый дым, затем вспыхнет и загорится ярким пламенем, а потом и вовсе взорвется, если кусок достаточно велик. Очень активный металл!

А хлор — ядовитый газ. Его во время Первой мировой войны применяли для удушения противника. И каков фокус! Из двух таких крайне агрессивных веществ получается вполне безобидная и даже полезная в малых дозах соль.

Металл — блестящий, взрывающийся, он проводит электрический ток. Газ — ядовитый, зеленоватый и летучий. А соль? Вы ее прекрасно видели — белая, неопасная, не летучая и не ядовитая, ее можно есть. И никакого электрического тока она не проводит. Совершенно другие свойства!..

Вывод: древние греки считали атомы неделимыми мельчайшими единицами вещества и были правы — действительно химическое вещество далее неделимо в том смысле, что при разрушении атома исчезает химический элемент. Но ведь в принципе-то атом есть составная структура, как мы знаем. Давайте его разберем!

КАК УСТРОЕН АТОМ И ВООБЩЕ ВЕСЬ МИР

Итак, атомы химических элементов — это детали мирового конструктора. Но эти детали в свою очередь устроены из более мелких деталек. И этих деталек всего три.

Гуманитариям, напрочь забывшим школьный курс, трудно в это поверить, но все многообразие окружающей нас природы, все, что мы видим вокруг, — это лишь разные наборы всего трех элементарных частичек.

Вы, наверное, вспомните, как они называются. Не можете не вспомнить! Вот она, наша святая троица — **протон, нейтрон и электрон**. Познакомимся же с ними поближе. И начнем с электрона, его физики открыли самым первым.

Что мы можем о нем сказать? Какого он цвета? Он шершавый? Он влажный, твердый, газообразный? Он теплоемкий?

Нет! Все те свойства, к которым мы привыкли в нашем макром мире, не имеют никакого отношения к миру элементарных частиц (микромиру). Нет в микромире ни цвета, ни запаха, ни шершавости, ни твердости, ни теплоемкости. Это все свойства макромира. Все эти свойства складываются из множества частиц, это макросвойства. А по отдельности частицы этих свойств не имеют.

А что же они имеют? Ну, должны же быть у электрона какие-то свойства, иначе бы его не существовало! Ведь существовать — это значит проявлять себя как-то, то есть иметь свойства!

Да, некоторые свойства у электрона есть. У него, например, есть размер. Радиус электрончика равен $2,81794 \cdot 10^{-13}$ см.