

УДК 53
ББК 22.3
К14

Разработка серийного оформления А. Фerez

Казанцева, Алла Борисовна

К142 Физика для всех: от атома до космоса / Алла Казанцева. — Москва : Издательство АСТ, 2024. — 288 с. : ил. — (Эксклюзивная наука).

ISBN 978-5-17-161355-6

Казанцева Алла Борисовна — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и экспериментальной физики МПГУ, финалист конкурса РАН 2019 и 2021 за лучшие работы по популяризации науки.

Физика — одна из тех наук, которые позволили сделать мир вокруг нас таким, какой он есть: машины и поезда, ракеты и космические станции, телевидение, интернет, электронный микроскоп, мобильная связь и прочие блага технической цивилизации.

Физика позволила нам получить ответы на самые разнообразные вопросы. Что такое «шумовое загрязнение», почему одни звуки разрушают наш организм, а другие — лечат? Кто постареет быстрее: человек на Земле или космонавт, летящий к другой планете? Откуда берется вездесущая радиация и как она на нас воздействует? Какие цвета нужно смешать, чтобы получить белый? Какие «ингредиенты» нужны для создания Вселенной: обычная и темная материя, темная энергия — что еще?

Физика не только придумывает самые интересные загадки, но и дает на них точные, обоснованные ответы. Не верите? Тогда попробуйте посчитать, чего больше: звезд во всей видимой Вселенной, песчинок на всех пляжах Земли или молекул в стакане воды? Ответы на эти и многие другие вопросы вы найдете на страницах этой книги.

УДК 53
ББК 22.3

ISBN 978-5-17-161355-6 © А.Б. Казанцева, 2024
© ООО «Издательство АСТ», 2024

ОТ АВТОРА

Эта книга — для любознательных школьников, студентов и тех, кто не специализируется на физико-математических науках, но хочет больше знать о мире, в котором мы живем.

Вы сможете проследить историю развития самой фундаментальной из всех естественных наук — физики, начиная от ее истоков в Древней Греции и до сегодняшних поисков, открытий и надежд. Вы узнаете и о законах микромира, и об устройстве мегамира. И, хотя физика — наука математическая, автор расскажет о ее основных идеях и законах обычным языком, без помощи формул. А те немногие и несложные формулы, которые все же включены в книгу, вынесены в отдельные вставки, не нарушающие общего хода изложения.

Современная физика — наука поистине необъятная, она включает в себя десятки разделов и сотни подразделов. Всю науку не знает ни один из физиков. В небольшой по объему книге невозможно рассказать про всё, но можно проследить «основную канву» развития физических идей.

Автор книги более тридцати лет преподает физику самым разным слушателям и, стремясь

сделать изложение максимально доступным широкому кругу читателей, надеется, что книга удовлетворит любознательность одних, разбудит интерес у других и вызовет у всех чувство восхищения тем, как просто и вместе с тем сложно устроен наш мир.

Алла Казанцева

ЧАСТЬ 1.
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ
ФИЗИКИ

ГЛАВА 1.

ДРЕВНЯЯ ГРЕЦИЯ:

ТОРЖЕСТВО РАЗУМА

Современная наука родилась примерно 400 лет назад, причем первой сформировалась физика. За это время люди прошли по пути научного познания гораздо дальше, чем за предшествующие несколько тысяч лет. В истории физики было два переломных периода, две революции: в XVII веке и в начале XX века.

Наука, подобно дереву, имеет мощные корни, и тянутся они из Древней Греции. Именно там в VI–V веках до н. э. возникла наука как доказательный вид знания, отличающийся от мифологического мышления. Этот переломный момент в истории человечества называют «греческим чудом». Впервые в истории критерием истины стало доказательство, а не авторитет богов и даже не практика. Разрабатывались законы логического мышления. Люди осознали, что знания нужны не только для выживания, что они имеют самостоятельную ценность.

Пифагор (VI век до н. э.) назвал Вселенную словом «космос», что значит «порядок».

Он же первым стал называть себя «философом», то есть «любителем мудрости». Математика как наука со своей методологией также родилась в трудах Пифагора и его последователей.

Удивительное дело: как только человеческий разум освободился от пут всевозможных догм, он породил множество интереснейших идей — буквально на голом месте, ведь до экспериментов, даже простейших, в Древней Греции еще не додумались. Наблюдение плюс логика — вот формула истинного знания, согласно Аристотелю.

И одной из первых глобальных идей, возникших из чистого разума, стала мысль о единстве мира, которая «нитью Ариадны» прошла через всю дальнейшую историю науки, обретая на каждом витке ее развития новый смысл.

Древнегреческие философы пытались найти первооснову всего сущего, то есть понять всё мироздание как проявление чего-то единого. Предлагались разные варианты первоосновы. Так, Фалес Милетский мыслил ее как нечто непрерывное и изменчивое, принимающее разные формы, подобно воде, превращающейся то в пар, то в лед. Знаменита его метафора «всё есть вода» (около 600 года до н. э.). Идея непрерывной первоосновы материи продержалась в науке до начала XX века.

Термин «физика» ввел Аристотель (IV век до н. э.), назвав так науку о природе (от греч. «фюзис» — природа). Правда, он понимал физику шире, чем принято сейчас, и относил к ней все естественнонаучные вопросы, включая биологию, зоологию, психологию. Такое понимание физики сохранялось до XVII века.

Противоположную идею выдвинули Левкипп и Демокрит (V век до н. э.): всё сущее состоит из вечных, неизменных и неделимых частиц — атомов, разделенных пустотой. Всё многообразие мира они объясняли различными комбинациями разных сортов атомов. Древнегреческие «атомисты» предполагали к тому же конечную делимость пространства и времени, то есть существование минимально возможных пространственных и временных интервалов. В XX веке, с рождением квантовой физики, эта мысль возродилась в виде гипотезы о квантах длины и времени. Основная же идея атомизма — построение всего сущего из минимального набора одинаковых частиц, родившись 2,5 тыс. лет назад, никогда не умирала и дожила до наших дней. Правда, роль «самых первичных» частиц переходила от атомов к элементарным частицам, потом к кваркам и лептонам... Ученые по-прежнему стремятся выйти на уровень «самых первичных» частиц, о чем мы расскажем подробнее дальше.

Архимеда (III век до н. э.) по праву можно назвать первым «настоящим» физиком, а также математиком и выдающимся инженером. Он не только наблюдал и рассуждал, но ставил эксперименты! Именно Архимед совершил революционный переход от качественных рассуждений к строгим законам. И первым физическим законом стал «закон Архимеда». Архимед установил на опыте, что сила, выталкивающая погруженное в жидкость тело, не зависит от формы тела, а определяется его объемом. Жаль, что после гибели Архимеда при осаде Сиракуз римлянами экспериментальное направление развития науки не получило продолжения.

Удивительно, но в современной физике противоположные концепции первоосновы мира — непрерывность и дискретность — слились в нечто невообразимо единое!

И еще одно неоценимое наследие античности — это неискоренимая вера, что Вселенная создана и живет по определенным законам, которые люди способны «открыть» и понять своим разумом. Эта вера вдохновляла ученых на протяжении веков и движет нами до сих пор.

В 240 году до н. э. друг Архимеда Эратосфен впервые измерил радиус Земли. Два тысячелетия все географы и астрономы пользовались

его результатами. Только в конце XVIII века Земля была измерена более точно.

«Самое удивительное свойство нашего мира — это то, что он познаваем», — писал через две с лишним тысячи лет Эйнштейн.

Аристарх Самосский (III век до н. э.) впервые предложил гелиоцентрическую систему мира и попытался на основе астрономических наблюдений оценить расстояние до Луны и Солнца. С Луной у него получилось очень плохо: расстояние равно 80 земных радиусов (правильный ответ — 60), а вот с Солнцем он сильно промахнулся.

В III веке н. э., после захвата римлянами греческих городов, античная наука зачахла. Наступила почти тысячелетняя пауза в развитии знания.

ГЛАВА 2.

НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ XVII ВЕКА: РОЖДЕНИЕ ФИЗИКИ

Суть научной революции XVII века — это становление естественнонаучного эксперимента и формирование научного метода, которого ученые придерживаются и сегодня.

В это же время физика, которая в эпоху античности охватывала все знания о природе, выделилась в самостоятельную науку. Она обрела свой предмет исследований, метод и язык.

Физика изучает наиболее общие законы, лежащие в основе всех природных явлений, строение материи и законы ее движения. Таким образом, эта наука — фундамент всех естественных знаний. А научный метод, разработанный физиками (прежде всего Галилеем и Ньютоном), стал общим для всех естественных наук.

Новое и ключевое звено *научного метода* — это проверка выводов теории в специально поставленных экспериментах. Основные этапы научного метода можно представить в виде схемы:



Сначала ученые собирают и обобщают разнообразный экспериментальный материал. Но между экспериментальным материалом и теорией всегда лежит некоторая «пропасть», которую можно преодолеть только с помощью интуиции и воображения. Основные постулаты теории всегда *угадываются*, после чего из них выводятся следствия, проверяемые на опыте.

Именно благодаря научному методу научное знание является достоверным: проверенные на опыте законы не отменяются дальнейшими открытиями. Научные теории никогда не устаревают! Однако при расширении сферы опыта может обнаружиться ограниченность предыдущих знаний. Так произошло с законами классической физики, когда исследователи проникли на уровень микромира. Новая научная теория всегда «вбирает» в себя прежнюю, как фрагмент, четко очерчивая ее границы применимости. Каждая следующая — более точна и всеобъемлюща. Но это не значит, что старые теории больше не нужны — в своей сфере применимости они

позволяют приходить к конкретным результатам проще и быстрее.

Чтобы физика смогла стать точной наукой, ей пришлось объединиться с математикой — стать *математической наукой*. И по мере своего развития физика становится все более и более математизированной. Все сложнее становится объяснять физические законы словами. Видимо, физику нельзя постичь ни на каком другом языке, кроме математического.

«Чудесная загадка соответствия математического языка законам физики является удивительным даром, который мы не в состоянии понять и которого мы, возможно, недостойны». Е. Вигнер (американский физик, лауреат Нобелевской премии)

ГЛАВА 3.

МЕГАМИР, МАКРОМИР, МИКРОМИР

С начала XX века стало отчетливо видно, что во Вселенной выделяются различные *уровни организации материи*. Объекты каждого из следующего по размерам уровня могут быть составлены из объектов предыдущего уровня. Мир в чем-то похож на конструктор: разбирая на элементы объект одного уровня, мы получаем объекты следующего уровня, которые, в свою очередь, состоят из еще более мелких элементов. Так, все вещества состоят из молекул, а те — из атомов, атомы — из субатомных частиц, и так далее.

Возникает вопрос: бесконечна ли последовательность структурных уровней? Заканчивается ли процесс «дробления» объектов, или же он не будет иметь конца? Сегодня физика может с достаточно высокой долей вероятности ответить: число уровней организации материи конечно. Знает ли наука уже все эти уровни? Наверняка нет, но уже строятся некие теории.

Структурные уровни традиционно группируют, выделяя мегамир, макромир и микромир.

Объекты *мегамира* — это галактики, их скопления и сверхскопления, и вся видимая Вселенная — Метагалактика. Ее размер соответствует возрасту: примерно 13,8 миллиарда световых лет.

Масштабы доступного для современных наблюдений *микромира* — от молекул 10^{-9} – 10^{-10} (м) до расстояний порядка 10^{-20} м, что в миллионы раз меньше размера атомного ядра.

Между этими двумя уровнями — *макромир*, его масштабы — от пылинок до звезд. И только этот уровень дан нам в ощущениях.

Хотя законы природы едины в своей основе, но в каждом из миров — мега, макро и микро — доминируют те или иные фундаментальные взаимодействия между объектами и работают свои физические законы и теории. Так, мегамир — это царство гравитационного взаимодействия. Основное взаимодействие макромира (не считая гравитации) — электромагнитное. На уровне микромира действуют два специфических фундаментальных взаимодействия — сильное и слабое.

Возникновение и бытие Вселенной изучает ближайшая родственница физики — космология. Физика исследует законы макро- и микромира.