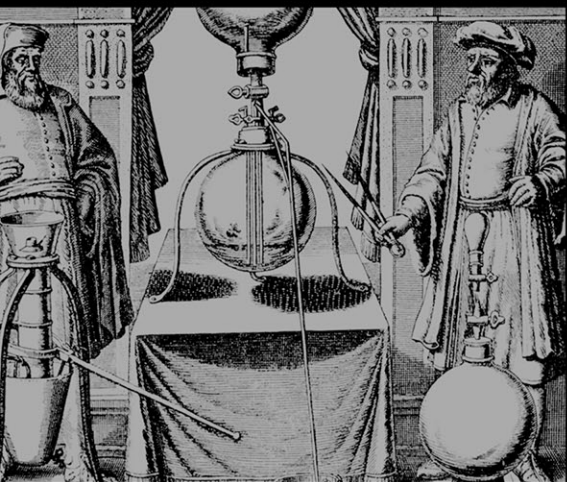




ФИЗИКА

иллюстрированная хронология науки

+ PHYSICS

сто идей, которые изменили мир



ТОМ ДЖЕКСОН

Наиболее поразительные моменты в развитии физики – моменты великих обобщений, когда явления, выглядевшие разнородными, вдруг предстают разными воплощениями одного феномена. История физики – это история таких обобщений, и ее прогресс зависит от нашей способности обобщать.

Ричард Фейнман

240 г. до н. э.

Пифагор формулирует закон гидростатики.

1543 г.

Коперник предлагает гелиоцентрическую систему мира.

2012 г.

БАК обнаруживает бозон Хиггса.

элементынауки

УДК 001(091)
ББК 72.3
Д40

Охраняется законом об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части запрещается
без письменного разрешения издателя. Любые попытки нарушения
закона будут преследоваться в судебном порядке.

Джексон, Том
Д40 Физика. Иллюстрированная хронология науки/ Т. Джексон;
пер. с англ. А.В. Банкрашкова. – Москва: Издательство АСТ,
2016. – 168 с.: ил. – (Элементы науки).
ISBN 978-5-17-097938-7

Том Джексон – британский популяризатор науки, сумевший пересказать
сложные вещи в живой, увлекательной форме. Он окончил Бристольский
университет и вот уже 20 лет создает книги, которые восполняют пробелы
в памяти и образовании самого широкого круга читателей.

УДК 001(091)
ББК 72.3

Том Джексон
ФИЗИКА.
ИЛЛЮСТРИРОВАННАЯ ХРОНОЛОГИЯ НАУКИ

Зав. редакцией Ю.В. Данник
Ответственный редактор О.Д. Лазуткина
Перевод и комментарии А.В. Банкрашкова
Оформление обложки В.А. Воронин
Компьютерная верстка А.С. Грених
Технический редактор Т.П. Тимошина
Корректор М.Ю. Сиротникова

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 – книги и брошюры

Подписано в печать 15.09.2016
Формат 60x100/8. Усл. печ. л. 21. Бумага мелованная матовая.
Тираж 2500 экз. Заказ

ООО «Издательство АСТ»
129085, РФ, г. Москва, Звездный бульвар, дом 21, стр. 3, комната 5
Адрес нашего сайта: www.ast.ru; e-mail: ogiz@ast.ru

«Баспа Аста» деген ООО
129085 г. Мәскеу, жұлдызды гүлзар, д. 21, 3 құрылым, 5 бөлме
Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru
E - mail: ogiz@ast.ru

Қазақстан Республикасында дистрибутор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер 1.
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107;
E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kzӨнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

ISBN 978-5-17-097938-7 (ООО «Издательство АСТ») ISBN 978-0-985-32306-6 (англ.)
© Shelter Harbor Press, 2013
© ООО «Издательство АСТ»,
2016 (перевод на русский
язык)

В книге использованы материалы следующих агентств, фотографов, библиотек и научных институтов: Alamy; The Bridgeman Art Library Ltd.; Mary Evans Picture Library; Craig Hiller; imagebroker; INTERFOTO; ITAR-TASS Photo Agency; Gordon Langsbury; MLaoPeople; North Wind Picture Archives; PHOTOTAKE Inc.; Pictorial Press Ltd.; The Print Collector; sciencephotos; World History Archive; American Physical Society; © CERN; Maximilien Brice; Claudia Marcelloni; Corbis; Roger Antrobus Bettmann; Stefano Bianchetti; DK Limited; Kevin Fleming; Shelley Gazin; Hulton-Deutsch Collection; David Lees; Ocean; Science Photo Library/ Mehau Kulyk; Sygma/Bureau L.A. Collection; Tarker; Underwood & Underwood; Michael S. Yamashita; Dreamstime.com/Empire; Nickolayv; Leon Rafael; Nico Smit; R.N. Whalley; Wollertz; Edgar Fahs Smith Image Collection, Rare Book and Manuscript Library, University of Pennsylvania; Mary Evans Picture Library; Alinari Archives/Bruni Archive; Iberfoto/Fonollosa; Imagno; INTERFOTO/ Sammlung Rauch; SZ Photo; Harper's New Monthly Magazine, No. 231, August 1869; Ivan Kuzmich Federov, *Portrait of Mikhail Lomonosov*, 1844; History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries; iStockphoto.com/John Butterfield; Elemental Imaging; Hulton Archive; Denis Kozlenko; Alfred Leitner; Library of Congress, Washington, D.C.; Brady- Handy Photograph Collection; George Grantham Bain Collection; Joseph-Siffrese Duplessis; Henry S. Sadd; Jack Orren Turner; Doris Ullmann; Albert Abraham Michelson; NASA/AMES Research Center; ESA/ the Hubble Heritage Team (STScI/AURA); ESA and Felix Mirabel (French Atomic Energy Commission and Institute for Astronomy and Space Physics/ Conicet of Argentina); Johnson Space Center; Ernst Mach; Sutton Nicholls, *Monument to the Great Fire of London*, c.1753; Science & Society Picture Library/Science Museum; Science Photo Library/ Alfred Pasioka; Mark Garlick; Ted Kinsman; Mehau Kulyk; New York Public Library; David Parker; Detlev van Ravenswaay; Volker Steger; Sheila Terry; BICEP2 Telescope; NSF/Steffen Richter/Harvard University; Shutterstock.com; argus; Esteban de Armas; Binkski; Andrea Danti; Goran Djukanovic; Igor Golovnikov; Alex Kalmbach; koya979; Peter G. Pereira; maisicon; Morphart Creation; Maks Narodenko4; Werner Stoffberg; Andrey Sukhachev; Rob Wilson; Thinkstock.com; Dorling Kindersley RF; iStockphoto; Ryan McVay; Photodisc; Photos.com; U.S. Department of Energy; U.S. Nuclear Regulatory Commission; U.S. Navy Photographer's Mate 3rd Class, Jonathan Chandler; Bartolomeu Velho, *Cosmographia*, 1568; wallz.eu; Roy Williams. Ленты временени: Alamy/INTERFOTO; The Print Collector. Corbis/Bettmann; Stefano Bianchetti; DK Limited; Rune Hellestad; Reuters/ Sean Adair; Reuters/Dan Lampariello; Francis G. Mayer; Science Photo Library/Mehau Kulyk. Dreamstime.com/ Jaroslav Bartos; Luis Manuel Tapia Bolivar. Edgar Fahs Smith Image Collection, Rare Book and Manuscript Library, University of Pennsylvania. Mary Evans Picture Library/ AISA Media; Everett Collection; Glasshouse Images; Grosvenor Prints; Iberfoto/BeBa; INTERFOTO; INTERFOTO AGENTUR; INTERFOTO/Toni Schneiders; Pump Park Photography; Rue des Archives; SZ Photo. Image courtesy of the History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries. iStockphoto.com/Karl-Friedrich Hohl. Library of Congress, Washington, D.C./Brady-Handy Photograph Collection; Warren K. Leffler; Matson Photograph Collection. Harriet Moore. NASA/JHU/APL; MSFC; M. Weiss (Chandra X-Ray Center). Science & Society Picture Library/ Science Museum, London. Shutterstock.com/DVARG; Ljudmila Gridna; Ale Justas; Atliketta Sangasaeng. Thinkstock. com/Dorling Kindersley RF; Hemera; iStockphoto; Photodisc; Photos.com. U.S. Navy/Ensign John Gay. Roy Williams.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

6

НА ЗАРЕ НАУКИ

1	Попытки объяснить природу	10
2	Фалес Милетский	12
3	Атомы: всё из малого	13
4	Четыре элемента природы	14
5	Эврика! Закон Архимеда	16
6	Технология и наука	18
7	Луч света	19
8	Законы механики	20
9	Силы и инерция	20
10	Искусственная радуга	21
11	Бритва Оккама	21
12	Нужен импульс	22
13	Теория приливов	22
14	Постижение магнетизма	23
15	Закон преломления	24
16	Прославивший Пизу	25
17	Под давлением	26
18	Маятник	28
19	Закон Гука	29
20	Газовые законы	30

НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

21	Законы Ньютона	32
22	Теория света	34
23	Летающий мальчик	35
24	Температурная шкала	36
25	Лейденская банка	36
26	Скрытая теплота	38
27	Вещество и огонь	38
28	Измерение заряда	40
29	Взвесим планету	40
30	Батарейка и лягушачьи лапки	42
31	Теория атомов	44
32	Свет как волна	46
33	Упругие и неупругие деформации	48
34	Электричество и магнетизм	48
35	Термоэлектрические явления	50
36	Тепловые машины	50
37	Броуновское движение	51

ОТ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ К СОВРЕМЕННОЙ

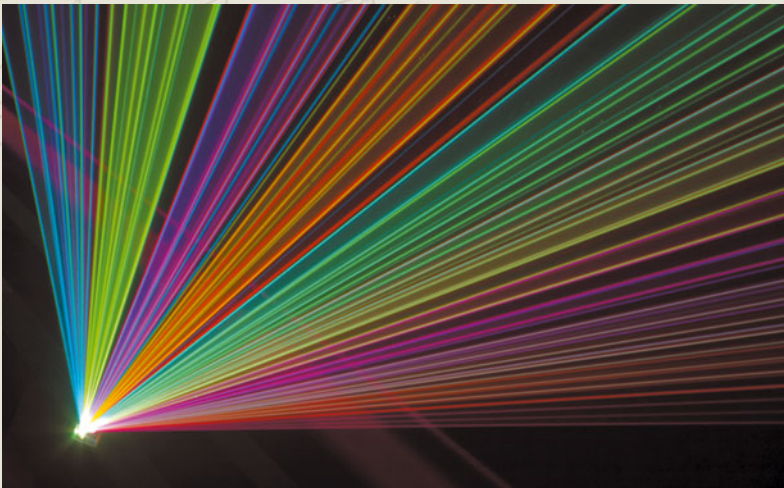
38	Электромагнитная индукция	52
39	Эффект Доплера	53
40	Первое начало термодинамики	54
41	Механический эквивалент тепла	55
42	Единая теория энергии	56
43	Абсолютная температура	56
44	Со скоростью света	57
45	Немного о спектроскопии	58
46	Уравнения Максвелла	59
47	От горячего к холодному	60
48	Заряженные газы	60
49	Уравнение Больцмана	61
50	Такой переменный Тесла	62
51	Мах: выходя на сверхзвуковую	64
52	В поисках эфира	65



53	Волны без среды	66
54	Неизвестные X-лучи	67

СУБАТОМНАЯ ЭРА

55	Радиоактивность	68
56	Первая субатомная частица	70
57	Постоянная Планка	71
58	Дальняя радиосвязь	72
59	Супруги Кюри	74
60	«Год чудес» Эйнштейна	75
61	СТО сюрпризов Эйнштейна	76
62	Такое позитивное ядро	78
63	Единица заряда электричества	80
64	Камера Вильсона	81
65	Сверхпроводимость	82
66	Космические лучи	83
67	Квантование атома	84
68	ОТО: пространство и время	86
69	Открытие протона	87
70	Корпускулярно-волновой дуализм	88
71	Принцип запрета Паули	89
72	Бозоны — частицы силы	89
73	Вселенская неопределенность	90
74	Счетчик Гейгера	91
75	Почти такая же антиматерия	92
76	Разрушитель атома	92
77	Электронный микроскоп	94
78	Неизвестная часть ядра	94
79	Позитрон — новая загадка	95
80	Скрытая масса Вселенной	96
81	Рукотворная молния	97
82	Излучение Вавилова—Черенкова	98
83	Экзотические частицы	99
84	Сверхтекучесть	100
85	Деление ядер	100



СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

86	Квантовая электродинамика	102
87	Транзисторы	103
88	Теория Большого взрыва	104
89	Пузырьковая и искровая	105
90	Большой взрыв «Иви Майк»	106
91	Мазеры и лазеры	107
92	Семейство нейтрино	108
93	Кварки странные и очарованные	109
94	Стандартная Модель	110
95	Теория струн	112
96	Излучение Хокинга	113
97	Темная энергия	114
98	В поисках бозона Хиггса	115
99	Теория космической инфляции	116
100	Гравитационная волна	116
101	Физика: основы	118
	Нерешенные вопросы	126
	Великие физики	130
	Справочные таблицы	140
	Ленты времени	152
	Список источников	164
	Алфавитный указатель	165

НА ЗАРЕ НАУКИ

1 Попытки объяснить природу

КАК МЫ УЖЕ ПИСАЛИ И — НЕ СОМНЕВАЙТЕСЬ — НАПИШЕМ ЕЩЕ, СЛОВО «ФИЗИКА» ПРИШЛО К НАМ ИЗ ДРЕВНЕГРЕЧЕСКОГО ЯЗЫКА И ОЗНАЧАЕТ ПРОСТО «ПРИРОДА».

А человеку так свойственно изучать окружающий его мир.

Подобно любому живому существу, у которого очень простой выбор — съесть или быть съеденным, древние люди всегда были настороже. Так и мы наблюдаем за нашим окружением, ловя малейшие детали и пытаюсь решить, что будет в следующий момент. Чтобы сделать это, мы полагаемся на наш прошлый опыт, т.е. на то, что происходило в последнее время. Однако мы также способны мыслить абстрактно, принимая во внимание знания, не связанные на первый взгляд с ситуацией. Применение знаний в новых ситуациях — это уникальная черта человека. Поместите себя мысленно в ситуацию, в которой вы никогда не бывали и, возможно, никогда не будете, и вы поймете, что можете представить себе совершенно невообразимые обстоятельства.

Решения, решения

Человек обладает мозгом примата, который по своей природе способен за короткое время принимать значительное количество решений. Добавьте сюда то, что мы испытываем постоянный интерес ко всему новому. (Именно это природное любопытство помогает нам находить актуальные потребности еще до того, когда они реально появятся в нашей жизни.) Мозг человека развит особенно хорошо и позволяет создавать ментальные карты местности, учитывая даже смену времен года. Но больше всего

мы используем свое серое вещество для того, чтобы взаимодействовать с другими представителями человеческого рода, собирая информацию, которая поможет нам выжить. Если при этом мы совершим ошибку, жизнь не даст нам второго шанса. Еще люди способны делиться с другими информацией о своих успехах и неудачах, благодаря чему мы получаем опыт не только свой, но и чужой — от других людей.

Вопросы, вопросы

Этот обобщенный опыт приходит к нам через поколения, создавая зачатки культуры. А культура — это волшебный сундучок знаний и традиций, которые обеспечивают нас ответами на многие важные вопросы. Например, где можно найти пищу в это время года или когда созревает урожай? А может быть, разливается ли эта река весной? Однако на некоторые вопро-

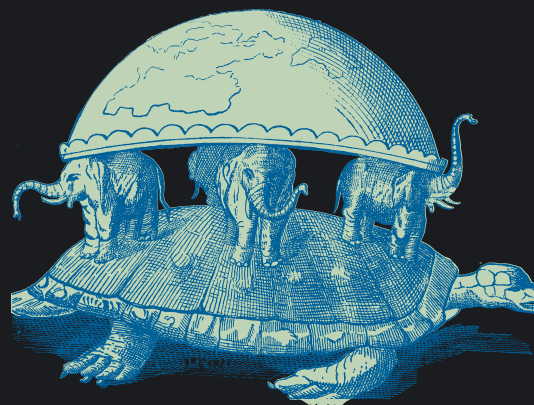
Таким был райский сад Эдем по мнению Иеронима Босха. Грехопадение, описанное в истории Эдема, случилось потому, что Адам и Ева впервые почувствовали стыд и смущение, когда им рассказали об их нагоде. Вся эта история показывает момент становления человеческой сущности и хорошо вписывается в «теорию разума». В этой разделяемой нами концепции есть наши мысли и мысли тех, кто вокруг нас. Неужели и другие живые существа вписываются в теорию разума? Мы так не считаем, однако они тоже могут думать о том, что вокруг них.

НЕВСЕСИЛЬНЫЕ БОГИ ОЛИМПА

Вообще говоря, божественная теория создания мира полагается на всесильных божеств, которые знают ответы на все вопросы. Ставя под сомнение достоверность этих божественных историй, мы ставим под сомнение и существование самих богов. Однако древние греки поклонялись целому пантеону божественных существ, живших на горе Олимп. (Эта гора существует в реальности.) Олимпийские боги имели человеческий вид, часто влюблялись и воевали, так что всякому было ясно, что они не держат под контролем даже самих себя. Именно при таких обстоятельствах и появились первые греческие философы, способные задавать действительно глобальные вопросы о Вселенной. Эти философы по праву вошли в историю науки.

Человекоподобные боги Олимпа позируют для семейного портрета.





сы один лишь опыт ответить не в состоянии. Например, откуда появились мы и вся окружающая нас природа?

В поисках понимания

Для получения картины о мире мы в прошлом делали то, что делаем и сейчас, — представляем себе возможный ответ. Инструменты, которые дает нам культура, штрихами рисуют все более полную картину мира. И в число этих инструментов по-прежнему входит все необходимое, чтобы обезопасить нас от голода, только теперь человек хочет узнать и свое место в природе, а также как появилась сама природа.

И сейчас в культуре людей есть много мифов о творении. Так, люди племени бошонго в Центральной Африке верят, что в древности была только темнота, вода и великий бог Бумба, который однажды заболел, и его вырвало Солнцем, Луной, звездами, животными и, наконец, человеком. Согласно мифам других народов, этот мир является ребенком матери (а иногда отца) — природы. Другие убеждены, что природа сформировалась из хаоса, при этом общепринято, что природа образовалась в одно мгновение из ничего. Но ни одна из этих теорий не имеет надежных доказательств — тут и начинается история физики.

В каком-то смысле физику также можно назвать очередной историей творения. В настоящее время принято, что Вселенная сформировалась из ничего, и единственным ее отличием от других теорий является то, что в основе физики лежат проверенные свидетельства. Конечно, со временем почти все научные факты уточнялись, и сейчас мы приступим к самой физической истории создания мира.

Истории творения мира из Индии и Китая изобилуют мифологическими существами в образах различных животных — обычно могучих слонов, длинных змей и крепких черепах.

ПИРАХАН

В 1980 году американский антрополог Дэниэл Эверетт описал мифологические представления бразильского племени Пирахан, народа охотников-собираателей из Амазонии. Выяснилось, что у них нет богов и мифа о творении. Пираханцы верят лишь в то, что воспринимают своими органами чувств, и не верят в то, что им говорят, если сам говорящий не испытал это на себе. Индейцы не пытаются аккумулировать знания и просто покупают все новинки у соседних племен.

2 Фалес Милетский

Хотя деяния Фалеса оказали большое влияние на развитие науки, как о человеке о нем известно совсем немного.

Если наука и имеет начало, то ее началом нужно признать физику.

Если физика имеет начало, то пошла она из Древней Греции, а именно из Милета. Именно в этом городе Малой Азии родился Фалес, в настоящее время признаваемый отцом всех наук.

Живший на рубеже VII–VI веков до н.э. Фалес, без сомнения, был исторической фигурой. До нас не дошло ни одного его произведения, однако труды более поздних философов неизменно ссылаются на Фалеса. Он был греком, но в том смысле, что принадлежал к культуре древних эллинов. Родился на западном побережье Малой Азии, территорию которой занимает ныне Турция. В те времена это было пересечение торговых путей — довольно бойкое место, — и Фалес, без сомнения, попал под влияние старейших цивилизаций Египта и Вавилона. Есть мнение, что он даже жил там какое-то время. Сам Фалес ученым себя не называл, это сделали его последователи. Он стал первым, кто отказался от мистических объяснений и попытался разобраться в настоящих причинах природных явлений. В своих объяснениях Фалес опирался лишь на то, что видел и чувствовал. С тех пор прошло почти двадцать веков, и с высоты современного понимания науки великие теории Фалеса представляются нам почти детскими. Однако он был первым, кто решил ответить на вопрос, откуда пошел наш мир, наша Вселенная. Фалес был монистом и полагал, что все вещи в мире сделаны из единой субстанции — воды. По его рассуждению, только вода имеет три уникальные характеристики: без нее невозможна жизнь, она может течь и изменяет свою форму.

Но прославился Фалес своими геометрическими открытиями (вспомните теорему Фалеса) и умением предсказывать солнечные затмения, одно из которых, согласно легенде, положило конец войне между двумя государствами.

СЕМЬ МУДРЕЦОВ

Фалес Милетский признан первым из семи мудрецов Древней Греции. В число этих мудрецов вошли философы, политики и законодатели рубежа VII – VI веков до н.э. Про них говорят, что они посеяли семена, из которых вырос современный мир. Остальные шесть мудрецов – Клеобул из Линда, Солон Афинский, Хилон из Спарты, Биант Приенский, Питтак Митиленский и коринфский тиран Перикандр.

Сделанный в XIX веке коллаж (образы были взяты с бородатых бюстов) показывает нам семерых мудрецов и их немногочисленных гостей на воображаемом банкете. Фалес сидит крайним справа.



3 АТОМЫ: ВСЁ ИЗ МАЛОГО

МНОГИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИКИ ПОСВЯТИЛИ СВОЮ ЖИЗНЬ ТОМУ, ЧТОБЫ ЗАГЛЯНУТЬ ВНУТРЬ АТОМА. Таким был и Демокрит, греческий философ, который предположил существование атомов еще 2400 лет назад, дав широкую дорогу другим исследователям. В конце концов он оказался прав, почти прав.

ЛЕВКИПП

Впервые идея существования атомов была высказана Левкиппом, учителем Демокрита. Левкипп умер, когда Демокрит был еще юношей. Изначально Левкипп полагал, что атомы перемещаются хаотичным, «недетерминированным» образом. Демокрит пришел к противоположному мнению — характер движения и расположение атомов есть результат специфического межатомного взаимодействия.

Последователи Фалеса Милетского исповедовали монизм¹, но при этом оказались довольно искушенными оппонентами. Например, Парменид, живший в V веке до н.э., мог утверждать примерно следующее: «Все во Вселенной сделано из одной субстанции, поэтому невозможно представить себе «ничто». Но субстанция в своем движении должна занимать место, где прежде было «ничто», которого, по сути, быть не может. Следовательно, любое движение и изменение, которое мы видим вокруг нас, — это иллюзия».

Концепция малых изменений

Новая теория атомизма в своем развитии преодолела это логическое противоречие. Первым ее начал разрабатывать Левкипп, но до конца ее довел Демокрит из фракийского города Абдеры.

Атомистика утверждает, что материю (субстанцию) невозможно до бесконечности делить на все более мелкие частицы. В конце концов вы дойдете до атомов — мельчайших, невидимых и неделимых «кирпичиков», из которых сложено все в мире. (Само слово «атом» переводится с древнегреческого языка как «неделимый».) Любые изменения в природе заключаются в том, что атомы просто меняют свое расположение. Однако идея того, что материя состоит из двух и более составляющих, не уничтожала монизм, и Демокрит предположил, что не все атомы одинаковы. Получалось, что свойства материи на больших масштабах могут быть объяснены составляющими ее атомами в малом масштабе. Например, жидкая вода может быть составлена из гладких, округлых атомов, которые с легкостью скользят относительно друг друга. Твердые тела могут состоять из атомов с крючками, которые цепляются друг за друга. Приписывали атомам и вкус. Так, атомы соли считались особенно солеными, чем и объяснялся ее резкий вкус. Даже душа, по мнению Демокрита, состояла из атомов. Только они были столь малыми, что могли свободно проникать сквозь твердые тела. Атомистика оставалась без доказательств вплоть до 1800-х годов, когда были получены первые свидетельства существования атомов.



Демокрит запомнился современникам своим жизнелюбием и даже получил прозвище «Смеющийся философ». Эта работа голландского художника Хендрика Тербрюггена, написанная в 1628 году, показывает Демокрита на пиру.

¹ Монизм — философское воззрение, согласно которому разнообразие объектов в конечном счете сводится к единому началу или субстанции.

4 Четыре элемента природы



На этой ксилографии XVI века показано, как во Вселенной из четырех элементов сочетаются представления о мужчине и женщине, о медицине, а также о субстанциях природы.

ОКАЗАЛОСЬ, ЧТО НИЗВОДЯЩИХ ВСЕ К ВОДЕ МОНИСТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ФАЛЕСА НЕДОСТАТОЧНО, И ФИЛОСОФИЯ РАСПРОЩАЛАСЬ С МОНИЗМОМ.

Теперь философы полагались на более основательное, но все равно глубоко интуитивное предположение, что Вселенная состоит из набора простых субстанций, или элементов.

В IV веке до н.э. родился древнегреческий философ Аристотель, ставший учеником Платона и на многие века вперед установивший законы развития физики. К тому времени, когда эти два великих мыслителя западной цивилизации спорили, прогуливаясь в Афинах по оливковой роще около платоновской Академии, концепция монизма уже давно сошла с авансцены философии. Вселенная больше не представлялась в виде круговорота льда, воды и пара. Напротив, на первый план вышла старая идея, появившаяся в цивилизациях Месопотамии и Египта и отразившаяся в мифологических представлениях Индии и Китая. А в V веке

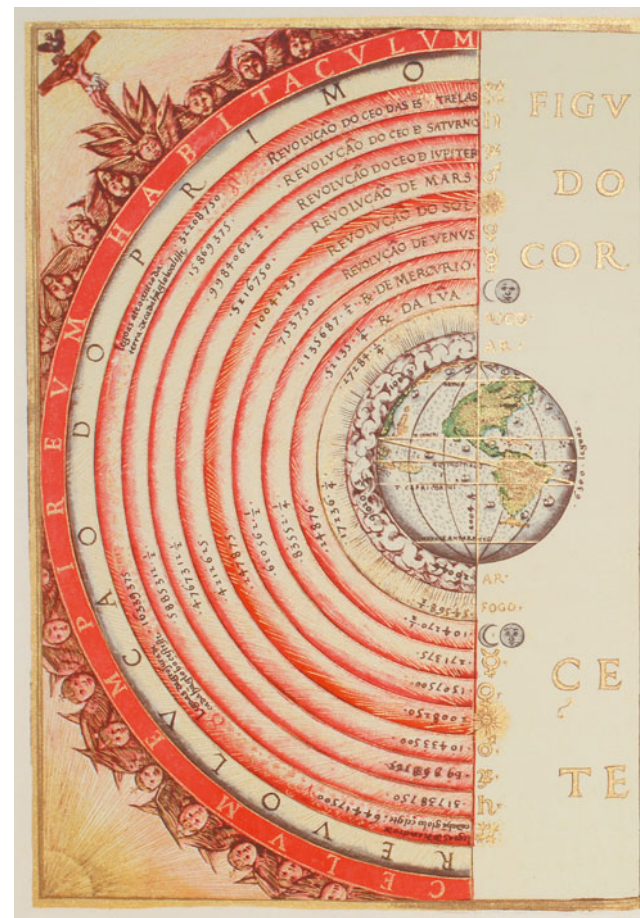
до н.э. Эмпедокл обновил старые идеи, но уже на греческой «почве». Он полагал, что природа действительно состоит из нескольких фундаментальных субстанций — земли, воды, огня и воздуха. Эти субстанции, по-гречески называемые «*stokheion*»¹, сейчас принято называть стихиями.

Природа всего

Идея о том, что все на свете состоит из смеси двух или более элементов, понравилась. В те времена казалось, что четыре элемента — это тот минимум, которого вполне хватало для объяснения наблюдаемой природы вещей. Влажность была свидетельством

¹ Греческое слово «*stokheion*» означает «первопринцип», «материя в своей базовой форме».

К 1543 году прошло уже больше десятилетия после того, как Николай Коперник опубликовал доказательство того, что Земля вращается вокруг Солнца. Однако на этой португальской схеме устройства Вселенной показаны прежние аристотелевы сферы, где Земля покоится в центре.



ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ

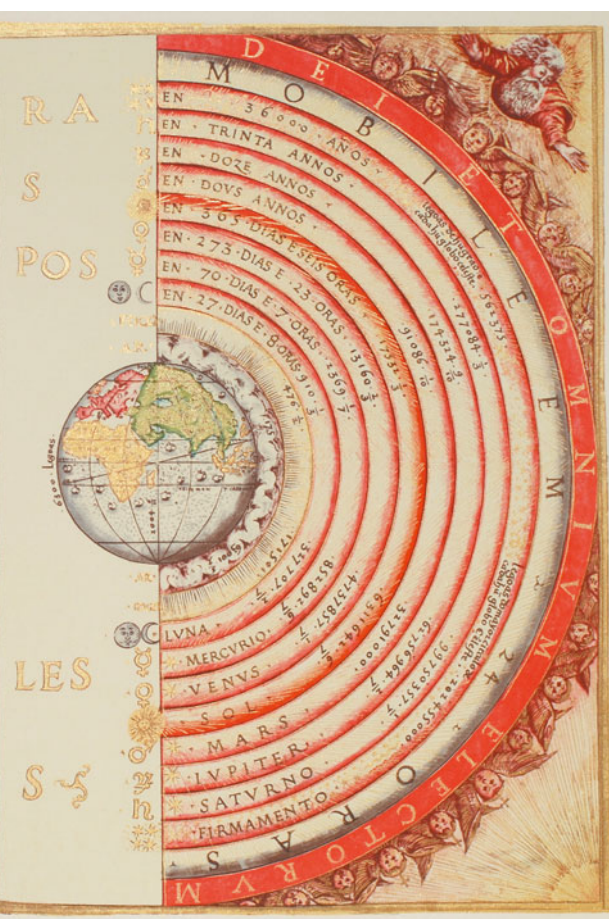
Правильный многогранник представляет собой трехмерный объект, в котором одинаковы все стороны, грани и углы. Самым очевидным примером является куб, однако существует и четыре других — тетраэдр, октаэдр, додекаэдр и икосаэдр. Эти пять многогранников больше известны как Платоновы тела. Отчасти это потому, что Платон верил, что такие совершенные геометрические формы (к тому же их немного) должны быть связаны с «тканью» Вселенной. Платон предположил, что первые четыре тела соответствуют форме четырех элементов природы. Но как же быть с пятым, икосаэдром с 20-ю гранями? Может быть, это всепроникающий эфир — еще один элемент, который заполняет пространство между остальными? Идея пятого элемента, или же «квинтэссенции» (слово «квинтэссенция» пошло от латинского *quintus*, означающего «пять», и символизирует нечто наиболее существенное), продержалась в физике необычайно долго. Так, эфир все еще фигурировал в некоторых теориях даже на пороге XX века.

Фрагмент фрески «Афинская школа» работы Рафаэля (1511), в станце делла Сеньятура Ватиканского дворца. Показаны Платон (слева) и Аристотель (справа). Они являются центральными фигурами и окружены множеством других великих мыслителей. Жестикулируя, Платон показывает вверх, поскольку полагает, что реальность основывается на «формах», которые нельзя почувствовать. Аристотель показывает вперед. Он живет «здесь и сейчас», и весь мир для него открывается в чувствах.



присутствия элемента воды, жар — огня, мягкость — воздуха, а твердость — земли.

Этот излишне самонадеянный подход также распространился и на медицину. Мы до сих пор склонны к таким суждениям. Так, многим из нас доводилось слышать, что «воздушная» кровь делает людей легковесными сангвиниками, а «водная» — флегматиками. Желтая желчь рождает в нас ярость, тогда как земной холод черной желчи приводит нас в состоянии меланхолии. В донаучный период медицина занималась тем, что гармонизировала эти четыре «настроения».

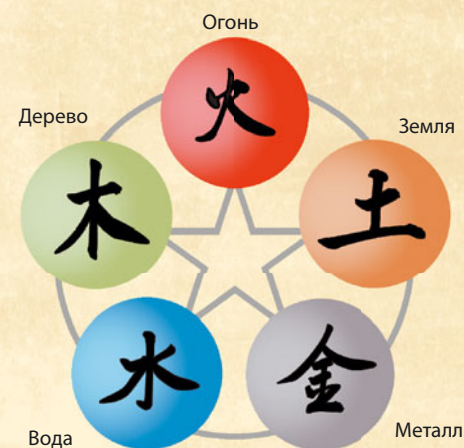


Слоистая Вселенная

Эмпедокл утверждал, что элементы объединяются друг с другом и разъединяются согласно силам любви и, соответственно, ненависти. Эта вечная борьба за гармонию и вызывает изменения во Вселенной. Платон полагал, что материальный мир — это иллюзия, обман со стороны наших чувств, а элементы были и остаются совершенными, не тронутыми временем формами. Потом пришел Аристотель, который попытался объединить эти платоновские идеи, и результатом стала теория о том, что элементы стремятся к своей чистоте, отчего происходят изменения в природе. Это доказывалось слоистым устройством нашей планеты, что в дальнейшем было распространено на всю Вселенную. На нижнем уровне была Земля, а именно твердая каменная опора под ногами. Дальше шла вода, формирующая океан, воздух и, наконец, кольцо огня вокруг планеты. Дождь в данной теории вызывался тем, что вода искала в этой системе свое место, а вулканическая лава представляла собой смесь воздуха, воды и огня, стремящихся убежать от земли. Эти четыре элемента «подлунного» мира простирались до Луны. За Луной располагались концентрические оболочки Солнца, планет и звезд, состоящие из эфира, небесного пятого элемента. Эта аристотелева Вселенная считалась научной истиной вплоть до XIX века.

КИТАЙСКОЕ МИРОУСТРОЙСТВО

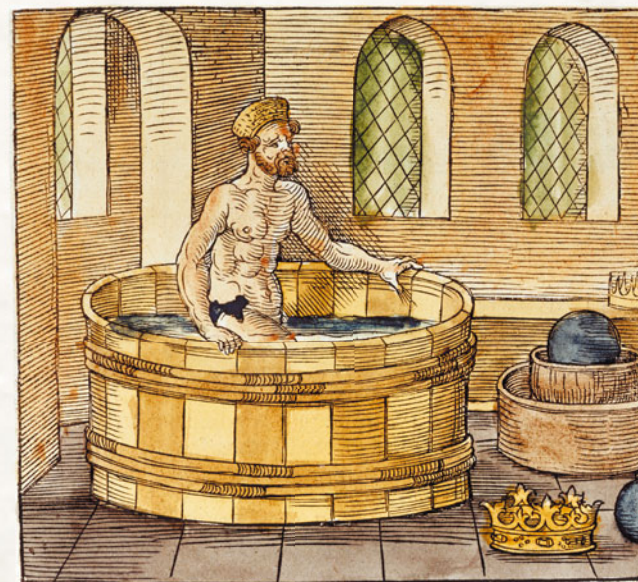
Идея фундаментальных элементов на Востоке имела свои особенности, которых не было на Западе. Классическая китайская философская мысль выделяла другие пять элементов — земля, огонь, дерево, металл и вода. Воздуха среди них не было. Сам термин «элемент» на Востоке понимался немного иначе. Там эти пять элементов также были фундаментом, однако они представляли этапы в бесконечном цикле роста, смерти и обновления. Дерево кормит огонь, огонь создает землю (пепел), земля порождает металл (руда), металл переносится водой (водонепроницаемые сосуды плавают), а вода стимулирует рост деревьев.



5 Эврика! Закон Архимеда

МНОГИЕ УЧЕНЫЕ ДРЕВНОСТИ СУМЕЛИ ИЗМЕНИТЬ МИР, НО НАИБОЛЬШИЙ ВКЛАД ПРИНАДЛЕЖИТ АРХИМЕДУ.

Одно из своих самых известных и великих достижений он совершил, погрузившись в ванну.



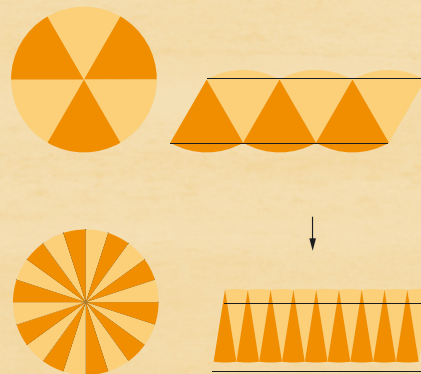
Действительно, почему твердые тела плавают? Когда мы познаем мир вокруг нас, этот вопрос часто поднимается в первые строчки нашего списка. Но ответ на этот вопрос был получен вовсе не с целью познания природы. Напротив, он был решен в ходе древнего дела о мошенничестве. Развязку истории легенда относит к общественным термам (баням) в городе Сиракузы — одной из первых эллинских колоний на восточном берегу острова Сицилия. Именно там великий изобретатель древности Архимед испытал свое первое в жизни озарение. Оттуда пошло и знаменитое слово «Эврика!», которое переводится с древнегреческого языка как «Нашел!». Но что же Архимед искал?

Эту историю полнее всего пересказал в 15 году до н.э. — т.е. 250 лет спустя — Витрувий, римский архитектор и механик, ученый-энциклопедист и большой почитатель Архимеда. Тиран Сиракуз Гиерон II заказал себе золотую корону, чтобы носить ее как дар богов. Но, получив корону, он заподозрил мастера в том, что тот добавил в золото другой металл. Желая узнать истину, Гиерон обратился к Архимеду, считавшемуся самым умным в городе человеком, но запретил ему плавить корону или разрезать ее. Это заставило Архимеда искать иные пути решения.

Шутливая ксилография 1547 года показывает кульминационный момент этой истории. Архимед собирается принимать ванну, причем на полу комнаты лежат металлические шары и драгоценная корона. Обратите внимание на концентрическую конструкцию. Внешний круг должен собрать воду, которая будет вытеснена тонущим предметом из внутреннего.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЧИСЛА ПИ

Число пи, обозначаемое греческой буквой π , представляет собой отношение длины окружности к ее радиусу. Измерение этого соотношения наложением дело непростое, так как эти две длины никак не сопоставить. Вавилоняне пришли к оценке 3,125 (3 и 1/8), тогда как в Египте получили значение 256/81 (3,16). Чтобы ответить на этот вопрос, Архимед вооружился самым мощным инструментом греков — геометрией. Он представил круг в виде правильного многоугольника с большим числом сторон. Добавляя еще стороны к многоугольнику, он рассчитывал его периметр и сумел приблизиться к точному значению длины окружности. Затем Архимед рассчитал число пи. Он начал свои расчеты с шестиугольника, затем четыре раза удваивал количество сторон и закончил с 96-сторонними многоугольниками, вписанными в круг и описанными. Это дало ему значение числа π между 3,140845 и 3,142857. Результат, не превзойденный за последующие 500 лет.



Преобразуя круг в многоугольник с все большим числом сторон, вы будете все больше приближаться к точному значению длины окружности. Однако никогда не дойдете до точного значения.



Банный день

Итак, Архимеду потребовалось рассчитать плотность металла, из которого была сделана корона. Сравнив плотность чистого золота с полученной величиной, он мог бы ответить на вопрос Гиерона. Легенда рассказывает нам о том, что однажды Архимед окунулся в ванную, увидел, как его тело вытесняет воду, и его осенило, что в этом и кроется ответ. Если опустить корону в воду, она вытеснит ровно такой объем воды, какой имеет сама. Поделив массу короны на ее объем, можно узнать ее плотность. Эврика!

Метод гидростатического взвешивания, как сказали бы в наши дни, показал, что коварного Гиерона действительно хотели обмануть. Плотность короны свидетельствовала о том, что она была сделана из сплава серебра и золота.

Почему предметы плавают

Архимед не оставил этой загадки и решил разобраться во всем до конца. Примерно в 250 году до н.э. он написал труд «О плавающих телах», в котором утверждал: «Любое плавающее тело вытесняет воду соответственно того, сколько весит само». Более полная версия этого утверждения в настоящее время носит название гидростатического закона

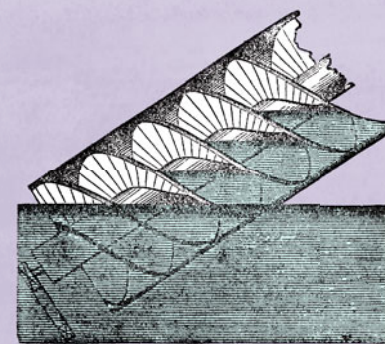
Архимеда, который гласит: «На тело, погруженное в воду, действует сила выталкивания соответственно весу этого тела и вытесненной им воды». Если тело может полностью погрузиться под воду, но не лечь на дно, значит, вес вытесненной воды равен весу самого тела, и оно будет плавать под водой. (Плотность такого тела равна плотности воды.) Если вес тела будет больше веса вытесняемой воды, то тело утонет. Силы выталкивания будет недостаточно, чтобы противостоять силе тяжести (иначе называемой весом). Если же вес тела меньше веса вытесняемой им воды (т.е. плотность тела меньше плотности воды), тело будет плавать на поверхности воды. Вполне очевиден вывод, что движение тела в воде (или его отсутствие в случае нейтральной плавучести) является результатом действия противоположно направленных сил. В полной мере ценность этой идеи людям еще только предстоит оценить.

На этом рисунке показано, как Архимед решил задачу с короной. Решение оказалось настолько простым, что ученый даже воскликнул: «Эврика!» Если бы корона была сделана из чистого золота, то выталкивающая ее из воды сила была бы такой же, как и у куска чистого золота того же веса. Но корона вытеснила больше воды, чем слиток золота, значит, ее должна выталкивать большая сила. Стало быть, корона сделана из менее плотного и более дешевого сплава.



АРХИМЕДОВ ВИНТ

Это удивительное изобретение приписывают Архимеду, но оно ему не принадлежало. Сейчас полагают, что этот винт был изобретен в Египте и использован в Вавилоне для полива висячих садов Семирамиды. И лишь потом через Грецию он попал в Европу. На взгляд человека неискушенного, архимедов винт нарушал законы тяготения, заставляя воду течь снизу вверх. Однако в этом не было ничего удивительного, учитывая, что это был огромный винт, по резьбе которого при его вращении вода поднималась вверх. Столь эффектное зрелище воспринималось людьми как чудо.

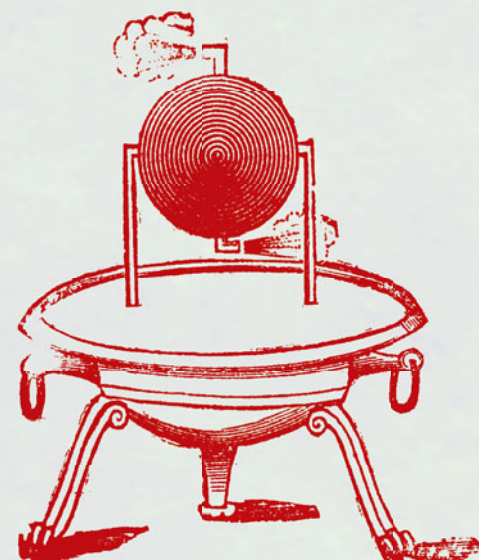


6 Технологии и наука

ФИЗИКА ДАЛА НАЧАЛО НЕ ТОЛЬКО ВСЕМ НАУКАМ, НО И МНОГИМ ТЕХНОЛОГИЯМ. Одним из первых применений науки стало еще одно знаменитое греческое наследие — театр.

Древние греки изобретали оригинальные механизмы. Само слово «машина» пошло от древнегреческого слова *«mechane»* — устройство, используемое в спектаклях для того, чтобы поднимать актеров над сценой. Обычно над сценой поднимали актеров, игравших богов и божеств. До наших дней не дошло ни одного чертежа такого механизма, но предположительно это были огромные рычаги и простые блоки.

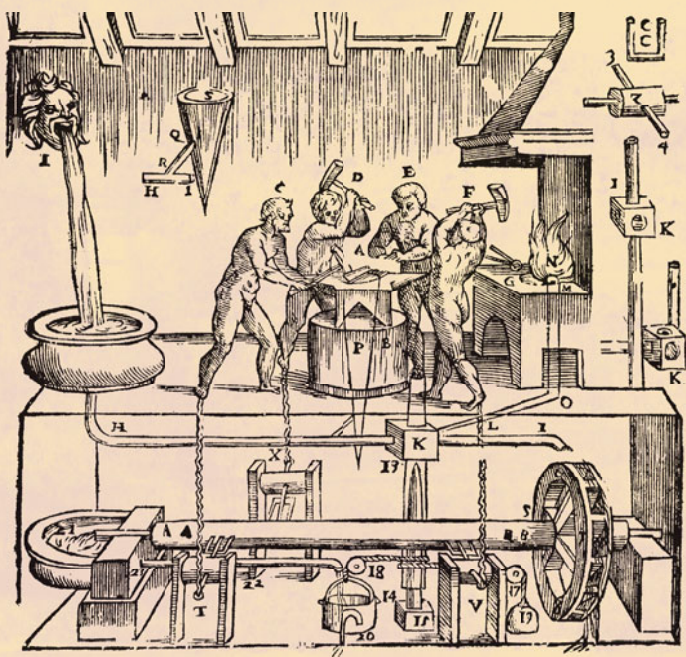
Появились они уже в IV веке до н.э., хотя народная молва приписывает честь изобретения сложных блоков и остроумных систем рычагов именно Архимеду (жившему в III веке до н.э.). Также Архимеду приписывают выражение: «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю». Во время Пунических войн Архимед направил свой гений на службу защиты своего родного города Сиракузы от римских завоевателей. Широко использовалась его машина, которая переворачивала корабли римлян. Она цепляла корабли крюком и с помощью блоков поднимала их, ломая или переворачивая. Каждый раз это порождало большую волну, которая захлестывала другие корабли так, что те теряли плавучесть и просто тонули!



Эолипил, или «паровой шар Герона» — бронзовая сфера, к которой прикреплено два согнутых под углом и противоположно направленных сопла. Пар поднимается из котла внизу, а затем поступает в сопла, заставляя сферу вращаться. Принцип действия этой модели определяется силами действия и противодействия (так называемой реакцией), хотя объясняющий это универсальный закон будет открыт Ньютоном лишь 15 веков спустя.

ИСТОКИ МЕХАНИЗАЦИИ

Древние греки очень любили механические игрушки и называли их «*automata*», что означало просто «заводные». Герон Александрийский создал из автоматов целый театр, который вертелся минут десять после завода ручки. Вероятно, именно это вдохновило идею создания полностью механического кузнеца, молот которого поднимала бы сила воды.



Сила реакции

Последователем Архимеда стал Герон Александрийский, живший в I веке новой эры. Одним из его значительных достижений стало «ветровое колесо». Лопасты собирали силу ветра, заставляя орган играть музыку. Другим известнейшим изобретением стал своеобразный торговый автомат, установленный в храме. Вес опускаемой монеты поднимал рычаг, благодаря чему отливало небольшое количество святой воды. Но больше всего Герон запомнился изобретением паровой турбины, которая вращалась силой струи пара. Эта турбина явилась прообразом того, что стало потом соплом реактивного двигателя. Героном двигало не просто любопытство, а практика, но именно любопытство однажды сделало так, что появилась наука механика — область физики, изучающая силы и движение.

7 Луч света

«ЛУЧШЕ ОДИН РАЗ УВИДЕТЬ», — ГОВОРЯТ МНОГИЕ.

Но почему мы должны доверять своим глазам?

Ответ на этот вопрос дал в XI веке один арабский ученый, находившийся в Каире под домашним арестом.

Ибн аль-Хайсам, известный в средневековой Европе под латинизированным именем Альхазен, совершил так много, что и в XXI веке мы не устаем удивляться. Он провел черту между астрономией и астрологией. О предшественниках этого математика и астронома мы ничего не знаем, так что он получается первым, кто начал полагаться в своих исследованиях на строго прямолинейное движение света в небе. Именно исследования в области оптики прославили его имя. Впрочем, его достижения в науке были замечены далеко не сразу. А в 1011 году египетский халиф аль-Хаким пригласил аль-Хайсама из Басры (ныне юго-восток Ирака) в Каир для одного «простого» дела. Надо было всего лишь построить плотину ниже Асуана на Ниле. Оказавшись на месте, аль-Хайсам вскоре понял, что это невыполнимо, и сказал об этом. Чтобы спастись от этой невыполнимой задачи и гнева халифа — самого могущественного человека в Фатимидском халифате, он решил изобразить сумасшествие.

Прямой луч света

Десять лет аль-Хайсам пробыл под домашним арестом, и в это благодатное время он опубликовал «Книгу оптики». В своем трактате аль-Хайсам доказал, что свет распространяется строго по прямой линии, используя для этого, наверное впервые, научный эксперимент. Ученый наблюдал свет через полую трубку, а затем прикрывал конец трубки,

и свет больше не был виден. «Очевидно», — сказали бы многие, однако это было первое экспериментальное доказательство того, что свет к нашему глазу проходит строго по прямой линии. Это позволило аль-Хайсаму описать лучи света при помощи геометрии, что также стало одним из первых случаев использования математики в науке. А ранее наше зрение было принято объяснять тем, что глаза посылают вперед лучи, которые отражаются от предметов или же проходят сквозь них, образуя в нашем глазу «картинку». Аль-Хайсам смог найти правильное описание природы нашего зрения. Свет проходит от предметов к нашему глазу по прямой линии, формируя изображение на задней стенке глазного яблока.

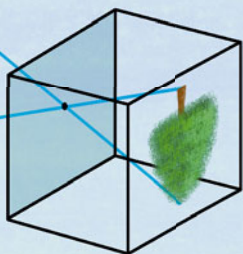


Иллюстрация на титуле «Книги оптики», переработанной в XIII в. польским ученым Эразмом Вителло. Она показывает действие «теплого луча» Архимеда. По легенде, греки использовали бронзовые параболические зеркала, чтобы направить солнечные лучи на римские корабли и поджечь их. Книга аль-Хайсама в подробностях освещает оптику изогнутых зеркал.

КАМЕРА-ОБСКУРА

Аль-Хайсам привел в своем труде первое описание камеры-обскуры, правда, размеры ее тогда были с комнату. Подобное явление он наблюдал и в природе, когда солнце пробивалось сквозь листву деревьев, проецируя ее на землю. Также ученый заметил, что камера-обскура производит лучшее изображение в том случае, если отверстие очень мало, буквально как укол булавки.

Лучи света подходят от предмета к камере, проходя через апертуру по прямым линиям.

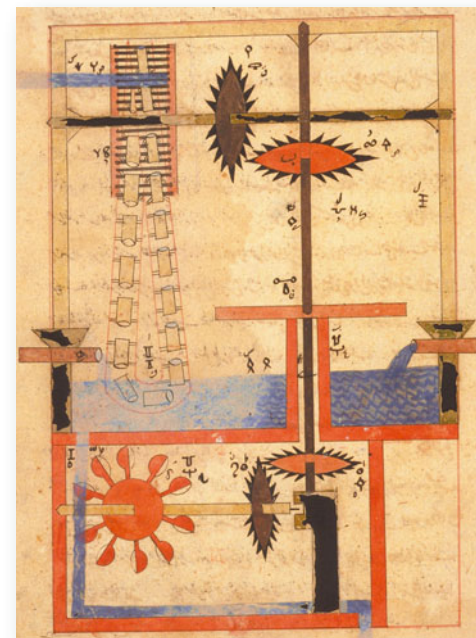


Внутри камеры лучи формируют перевернутое изображение.

8 Законы механики

ФИЗИКА ОСНОВАНА НА ИНТУИТИВНОМ ПРЕДПОЛОЖЕНИИ, ЧТО ВСЕЛЕННАЯ ФУНКЦИОНИРУЕТ ПО ЕДИНОМУ НАБОРУ ПРАВИЛ. В XII веке арабские ученые пришли к мысли, что один и тот же закон может как заставить тело двигаться, так и остановить его.

В XIV веке редко какой ученый подвергал сомнению теорию Аристотеля о движении тел. Эта теория говорит о том, что при движении предмет разрывает воздух перед собой, а позади него этот воздух схлопывается, толкая предмет вперед. Другими словами, движение есть результат действия постоянной силы. Персидский ученый аль-Бируни поставил эту теорию под сомнение. Ведь когда тело движется неравномерно, т.е. меняется направление или скорость, оно должно испытывать периодические ускорения и замедления. Другой ученый, из Багдада, Абуль-Баракат дополнил эту идею, сказав, что движение — это результат короткого действия силы, а при постоянном приложении силы тело должно ускоряться. Век спустя персидский исследователь аль-Хазин изучил принцип действия работы рычажных весов. Он построил свою работу на трудах предшественников, объединив идеи динамики (создающие движение неуравновешенные силы) и статики (уравновешенные силы) в науку механику. И, как мы теперь понимаем, все эти ученые занимались изучением того, как сила действует на тело.



На этом арабском манускрипте, предположительно XVI века, показано одно из механических устройств древности. На чертеже машина, которая поднимает воду. Колесо поворачивается потоком воды и передает движение через шестеренки на ремень с прикрепленными корзинами.

9 Силы и инерция

ЗАПАДНОАРАБСКИЙ ФИЛОСОФ-ЭНЦИКЛОПЕДИСТ ИБН РУШД, ИЗВЕСТНЫЙ В ЕВРОПЕ КАК АВЕРРОЭС, ЖИЛ В ИСПАНИИ В XII ВЕКЕ. Он, в частности, предложил одну из первых теорий инерции. В наши дни это понятие занимает в механике центральное положение.

Аверроэс перевел с сирийского языка и прокомментировал три сочинения Аристотеля по физике. Влияние ибн Рушда было столь велико, что в европейской философии Позднего Средневековья и Возрождения на него ссылаются как на «комментатора». Аверроэс определял силу как нечто, изменяющее характер движения тела. Он также установил связь между величиной силы и скоростью, с которой изменяется характер движения. Особо значимо следующее предположение ибн Рушда: тела от природы обладают способностью сопротивляться изменению характера движения, что можно заметить по влиянию сопротивления воздуха на падающие предметы разной массы. По сути, Аверроэс ввел понятие инерции, основываясь, правда, на пятом элементе — эфире. По Аристотелю, эфир существует только в «надлунном» мире, т.е. за сферой Луны, так что и Аверроэс предполагал, что инерцией обладают только небесные тела. Именно поэтому, считал ученый, они не могут двигаться с бесконечными скоростями. В конечном итоге инерцию стали считать универсальным свойством материи во Вселенной.

Портрет Аверроэса, воссозданный на основе фрески «Афинская школа» работы Рафаэля в станце Ватиканского дворца. Ибн Рушд оказался одним из немногих представителей арабского мира, изображенных на фреске в резиденции Папы Римского.

