

ТОМ
ДЖЕКСОН

ВЗЛАМЫВАЮЩАЯ НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ



ТОМ
ДЖЕКСОН

**ВЗЛАМЫВАЮЩАЯ
НАУЧНЫЕ
ТЕОРИИ**



ОГИЗ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АСТ
МОСКВА

УДК 001(091)
ББК 72.3
Д40

Tom Jackson
THE HISTORY OF SCIENCE

Первые опубликовано на английском языке в 2019 году Worth Press Ltd.
Печатается с разрешения издательства Worth Press Ltd.

Все права защищены. Нарушение прав автора, правообладателя, лицензиара влечет привлечение виновных к ответственности

Джексон, Том.

Д40 Взламывая научные теории / Том Джексон ; перевод с английского А. Ковалева. — Москва : Издательство АСТ, 2022. — 272 с.: ил. — (Взламывая науку).

ISBN 978-5-17-118778-1

Мир науки удивителен и многообразен. Одно случайное наблюдение может запустить цепочку важнейших для человечества открытий, как это было с изобретением антибиотиков. Эта книга поможет проследить путешествие научной мысли от древнейшего общества, создававшего примитивные каменные орудия, до наших дней, когда процветают генетика, медицина, физика, химия, искусственный интеллект и активно изучается космос.

Здесь вы найдете теории, ставшие фундаментом современной науки: от первых представлений о звездах до современных теорий о происхождении Вселенной и предсказаниях ее конца; от «приручения» огня до изобретения сложнейших технических устройств вроде Большого адронного коллайдера и телескопов «Хаббл» и «Джеймс Уэбб»; от лечебного кровопускания и поиска алхимиками лекарства от всех болезней до создания антибиотиков.

УДК 001(091)
ББК 72.3

Научно-популярное издание
Серия «Взламывая науку»

12+

Том Джексон
ВЗЛАМЫВАЯ НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ

Заведующая редакцией *Ю. Данник*; Научный редактор *Т. Киндеева*; Редактор *В. Суркова*;
Ответственный редактор *В. Суркова, О. Паламарчук*; Перевод *А. Ковалева*;
Художественное оформление *О. Жукова*; Корректор *П. Дюжева*;
Технический редактор *М. Караматозян*; Компьютерная вёрстка *Л. Быковой*

Подписано в печать 13.01.22. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная. Гарнитура Myriad Pro.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,81
Тираж экз. Заказ № .

Общероссийский классификатор продукции ОК-034-2014 (КПЕС 2008); 58.11.1 — книги, брошюры печатные

Изготовлено в 2022 г. Произведено в Российской Федерации
Изготовитель: ООО «Издательство АСТ». 129085, РФ, г. Москва, Звёздный бульвар, дом 21, строение 1, комната 705, пом. I, 7 этаж.

Электронный адрес: www.ast.ru E-mail: ask@ast.ru

ISBN 978-5-17-118778-1

© Worth Press Ltd, Bath, England, 2019
© Оформление, перевод на русский язык.
ООО «Издательство АСТ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Периодическая таблица	8
Солнечная система.	10
Большой взрыв	12
Технологии каменного века.	14
Использование металлов	21
Железный век	28
Наука классической древности	32
Эпоха алхимии	41
Золотой век ислама	46
Коперник двигает Землю.	53
Новый взгляд Галилея.	60
Научная революция	67
Законы Ньютона	77
Использование мощности двигателя.	85
Собирая электричество	89
Классификация жизни	96
Пневматические химики	100
Электрические токи	109
Атомы и элементы	116
Изучение света	124
Электромагнетизм	128
Возраст Земли.	137
Открывая энергию.	141
Клеточная теория и дарвинизм	146
Природа света.	157
Периодическая таблица	163

Стандартное время	171
Радиоактивность и излучение	176
Классификация звезд	184
Пространство и время: относительность Эйнштейна	188
Квантовая физика	195
Расширяющаяся Вселенная	202
Пространство и время: антибиотики	209
Электроника	213
Реликтовое излучение: отголоски Большого взрыва	221
Стандартная модель	227
Сверхпроводники	237
Генетическая модификация	242
Пространство и время: темная энергия	251
От бозона Хиггса к гравитационным волнам	258
Будущее	265
Единицы измерений Международной системы единиц	271

ВВЕДЕНИЕ

История науки — лучшая из когда-либо рассказанных. В ней действуют великие персонажи — и их множество; она охватывает века, а ее события разворачиваются во всех углах земного шара и даже в космосе. Но самое главное, раскрывая принципы работы Вселенной, эта история помогает нам понять наше место в этом мире — с его горами, океанами, животными, растениями, планетами и звездами.

Идея науки очень древняя, но мы смогли действительно ухватиться за нее только около 500 лет тому назад. В английском языке слово «наука» происходит от латинского «знание», и в XIV в. его начали использовать для обозначения навыка или сведущности в каком-либо деле. В то время люди, которые хотели исследовать и понять природу, назывались натурфилософами, и так было до 1830-х гг., когда Уильям Уэвелл, священнослужитель, который умел обращаться со словами, ввел термин «наука» наряду со многими другими, используемыми и в наши дни.

Натурфилософы представляли собой крайне смешанную группу. Некоторые просто размышляли, ища ответы на вопросы, но какими бы хитроумными ни были их толкования, они не выдерживали серьезной критики. Одним из способов проверки своих идей стали эксперименты, и отдельные натурфи-

*Сегодня наука —
это профессия.*





Фреска работы Рафаэля «Афинская школа» показывает всех великих мыслителей Древней Греции.

лософы с их помощью сделали важные открытия: например, Эратосфен, который вычислил размеры Земли в III в. до н. э., Ибн аль-Хайсам, ставший пионером оптики в X в. н. э., и Галилео Галилей, который в начале XVII в. исследовал среди прочего и то, как падают тела. Однако процесс занятия наукой приобрел известную нам форму только в середине XVII в. Научный метод остается достоверным и поныне, и вы можете испробовать его сами: наблюдайте за системой, которая вас интересует, и подумайте о том, что в ней для вас непонятно. Предложите объяснение непонятого — оно станет вашей гипотезой — и используйте его для прогнозирования результатов теста или эксперимента. Результат должен выявить, верна ваша гипотеза или нет.

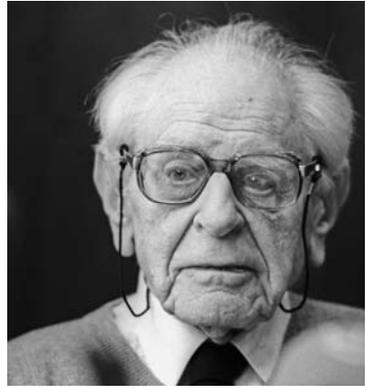
В 1930-х гг. австрийский философ Карл Поппер перевернул эту идею, поставив ее в некотором роде с ног на голову. Эксперимент мог содержать выводы только в отношении ложности гипотезы. Если результаты не показывали, что идея была ложной, значит, она таковой не была, что настолько близко приводит нас

Карл Поппер.

к истине, насколько наука в принципе может к ней привести. Некоторые могут счесть это недостатком, но именно в этом и заключается сила науки. Ничто не застраховано от пересмотра.

Эксперимент может доказать ложность даже самого общепринятого набора идей. В 1960-е гг. американский философ Томас Кун продемонстрировал, что этот вид

научного кризиса является неотъемлемой частью раздвигания границ наших знаний. Когда текущая парадигма, или коллекция идей и теорий, которые лежат в основе нашего понимания мира, начинает накапливать тайны, которые невозможно объяснить, — тогда наука оказывается в кризисе. Что-то в действующей парадигме должно быть ложным, и, стоит это раскрыть, новая картина мира сможет занять свое место — этот процесс Кун назвал сменой парадигмы. В его работах были приведены некоторые известные исторические примеры, такие, например, как Коперник, который доказал, что Земля вращается вокруг Солнца, теория эволюции Чарльза Дарвина и квантовая модель атома Нильса Бора. Все это вместе с последними научными тайнами — темной энергией и темной материей — становится частью основного сюжета. Некоторые ученые полагают, что сегодня мы переживаем новый научный кризис. Какой же будет следующая парадигма? Читайте дальше, чтобы узнать всю историю.

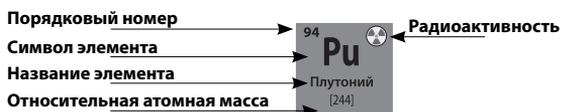


Томас Кун.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Периодическая таблица, пожалуй, — самая простая и эффективная диаграмма за всю историю науки. Она показывает нам всю химию, все ее элементы — от самых легких до самых тяжелых, — и они доступны с первого взгляда. Табли-

I	
1 H Водород 1,008	II
3 Li Литий 6,94	4 Be Бериллий 9,012182(3)
11 Na Натрий 22,98976928(2)	12 Mg Магний 24,3050(6)



III									
19 K Калий 39,0983(1)	20 Ca Кальций 40,078(4)	21 Sc Скандий 44,955912(6)	22 Ti Титан 47,867(1)	23 V Ванадий 50,9415(1)	24 Cr Хром 51,9961(6)	25 Mn Марганец 54,938045(5)	26 Fe Железо 55,845(2)	27 Co Кобальт 58,933195(5)	
37 Rb Рубидий 85,4678(3)	38 Sr Стронций 87,62(1)	39 Y Иттрий 88,90585(2)	40 Zr Цирконий 91,224(2)	41 Nb Ниобий 92,90638(2)	42 Mo Молибден 95,96(2)	43 Tc Технеций [98]	44 Ru Рутений 101,07(2)	45 Rh Родий 102,90550(2)	
55 Cs Цезий 132,9054519(2)	56 Ba Барий 137,327(7)		72 Hf Гафний 178,49(2)	73 Ta Тантал 180,94788(2)	74 W Вольфрам 183,84(1)	75 Re Рений 186,207(1)	76 Os Осмий 190,23(3)	77 Ir Иридий 192,217(3)	
87 Fr Франций [223]	88 Ra Радий [226]		104 Rf Резерфордий [265]	105 Db Дубний [268]	106 Sg Сиборгий [272]	107 Bh Борий [274]	108 Hs Хассий [276]	109 Mt Мейтнерий [278]	

- — s-элементы
- — p-элементы
- — d-элементы
- — f-элементы

57 La Лантан 138,90547(7)	58 Ce Церий 140,116(1)	59 Pr Празеодим 140,90765(2)	60 Nd Неодим 144,242(3)	61 Pm Прометий [145]	62 Sm Самарий 150,36(2)
89 Ac Актиний [227]	90 Th Торий 232,03806(2)	91 Pa Протактиний 231,03588(2)	92 U Уран 238,02891(3)	93 Np Нептуний [237]	94 Pu Плутоний [244]

ца о многом может рассказать опытному зрителю, и в качестве отправной точки следует знать, что самые легкие элементы расположены ближе к вершине, самые тяжелые — внизу. Металлы занимают левую сторону и середину, а неметаллы — правую. Каждый элемент обозначен не только символом, но и двумя числами. Меньшее число — атомный номер, показывающий число протонов в атомном ядре этого элемента. Больше — атомная масса химического элемента, то есть средняя атомная масса всех существующих изотопов с учетом их распространенности в земной коре и атмосфере.

VIII

² He
Гелий
4,002602(2)

III	IV	V	VI	VII
5 B Бор 10,81	6 C Углерод 12,011	7 N Азот 14,007	8 O Кислород 15,999	9 F Фтор 18,9984032(5)

13 Al Алюминий 26,9815386(8)	14 Si Кремний 28,085	15 P Фосфор 30,973762(2)	16 S Сера 32,06	17 Cl Хлор 35,45	18 Ar Аргон 39,948(1)
------------------------------------	----------------------------	--------------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------------

III

28 Ni Никель 58,6934(4)	29 Cu Медь 63,546(3)	30 Zn Цинк 65,38(2)	31 Ga Галлий 69,723(1)	32 Ge Германий 72,63(1)	33 As Мышьяк 74,92160(2)	34 Se Селен 78,96(3)	35 Br Бром 79,904(1)	36 Kr Криптон 83,798(2)
-------------------------------	----------------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------------

46 Pd Палладий 106,42(1)	47 Ag Серебро 107,8682(2)	48 Cd Кадмий 112,411(8)	49 In Индий 114,818(3)	50 Sn Олово 118,710(7)	51 Sb Сурьма 121,760(1)	52 Te Теллур 127,60(3)	53 I Иод 126,90447(3)	54 Xe Ксенон 131,293(6)
--------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

78 Pt Платина 195,084(9)	79 Au Золото 196,966569(4)	80 Hg Ртуть 200,59(2)	81 Tl Таллий 204,38	82 Pb Свинец 207,2(1)	83 Bi Висмут 208,98040(1)	84 Po Полоний [209]	85 At Астат [210]	86 Rn Радон [222]
--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------

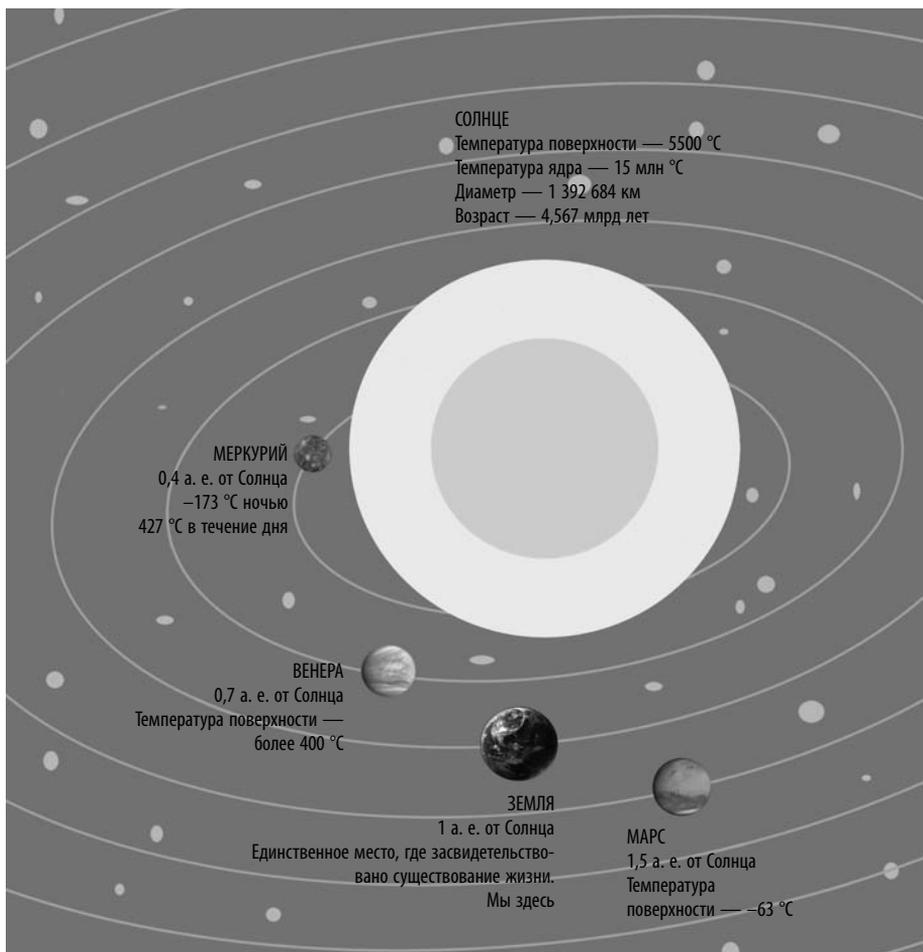
110 Ds Дармштадтий [280]	111 Rg Рентгений [281]	112 Cn Коперниций [285]	113 Nh Нихоний [286]	114 Fl Флеровий [289]	115 Mc Московский [289]	116 Lv Ливерморий [293]	117 Ts Теннессин [294]	118 Og Оганесон [294]
--------------------------------	------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------

63 Eu Европий 151,964(1)	64 Gd Гадолиний 157,25(3)	65 Tb Тербий 158,92535(2)	66 Dy Диспрозий 162,500(1)	67 Ho Гольмий 164,93032(2)	68 Er Эрбий 167,259(3)	69 Tm Тулий 168,93421(2)	70 Yb Иттербий 173,054(5)	71 Lu Лютеций 174,9668(1)
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

95 Am Америций [243]	96 Cm Кюрий [247]	97 Bk Берклий [247]	98 Cf Калифорний [251]	99 Es Эйнштейний [252]	100 Fm Фермий [257]	101 Md Менделевий [258]	102 No Нобелий [261]	103 Lr Лоуренсий [264]
----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------

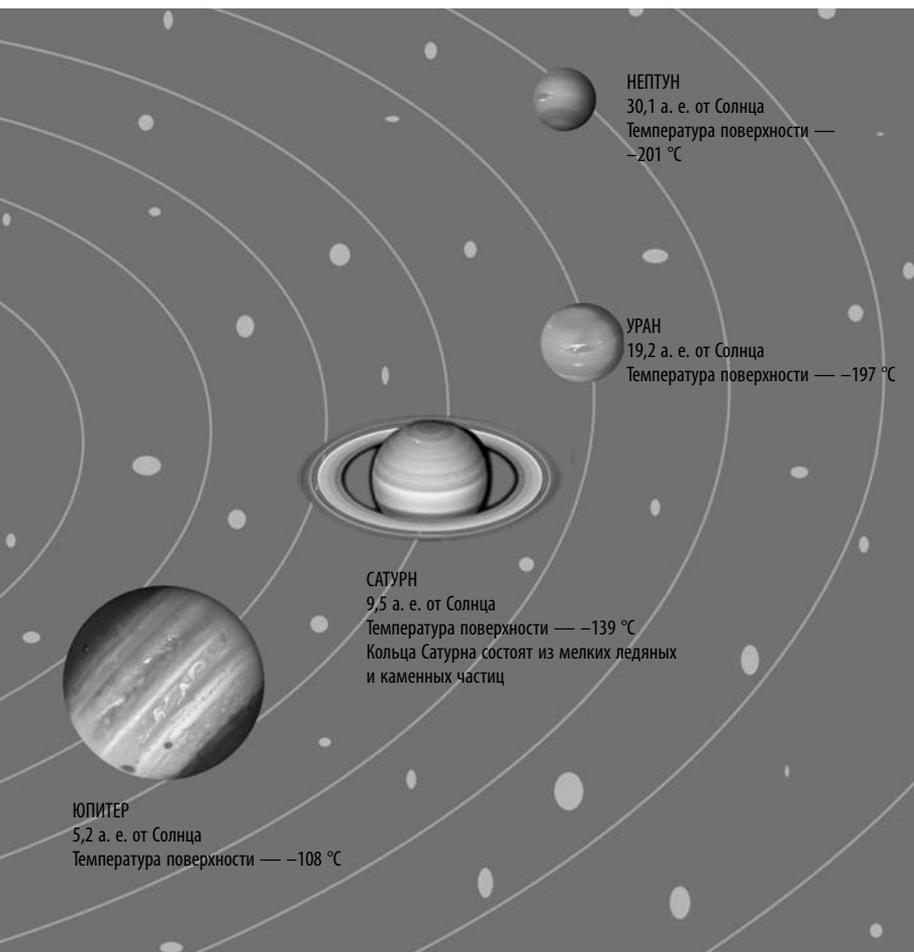
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Мы все еще узнаем много нового о наших соседях в космосе. В течение большей части письменной истории человечества на небесах обитали только Луна, Солнце и пять планет — от Меркурия до Сатурна. Сегодня астрономы нанесли на небеса



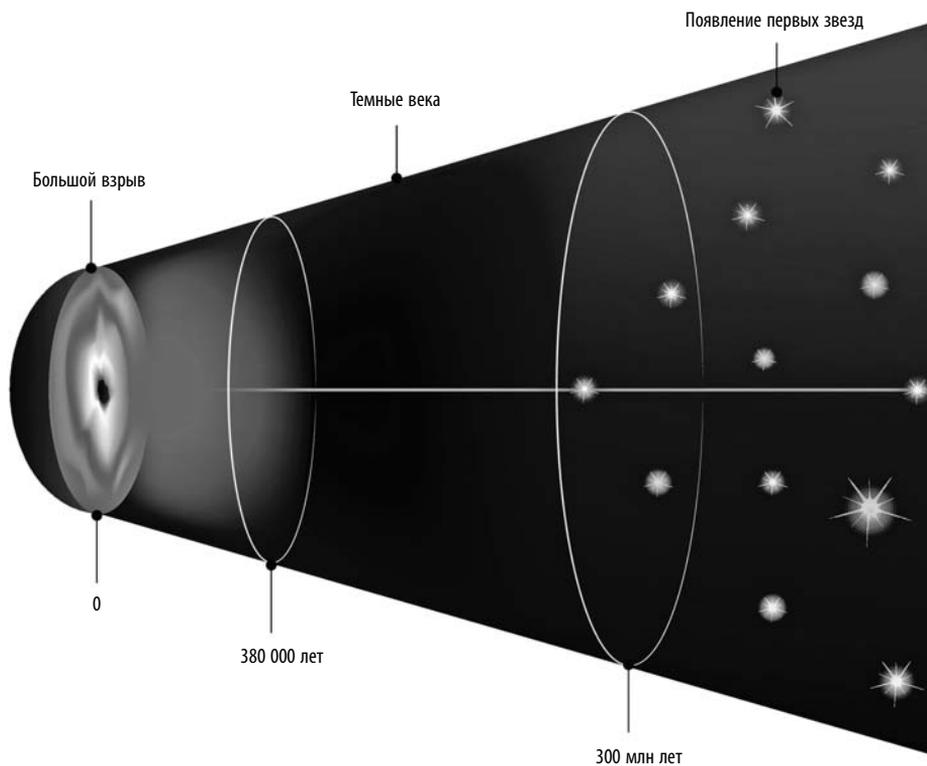
ную карту более полумиллиона астрономических тел разных видов — от околоземных астероидов до пояса Койпера. Как вы можете увидеть, еще много предстоит исследовать, и, как легко можно понять, за пределами Солнечной системы есть нечто еще большее. Поле малых ледяных тел, называемое рассеянным диском, взаимодействует с облаком Оорта, которое окружает наш маленький участок космического пространства.

Солнечная система.



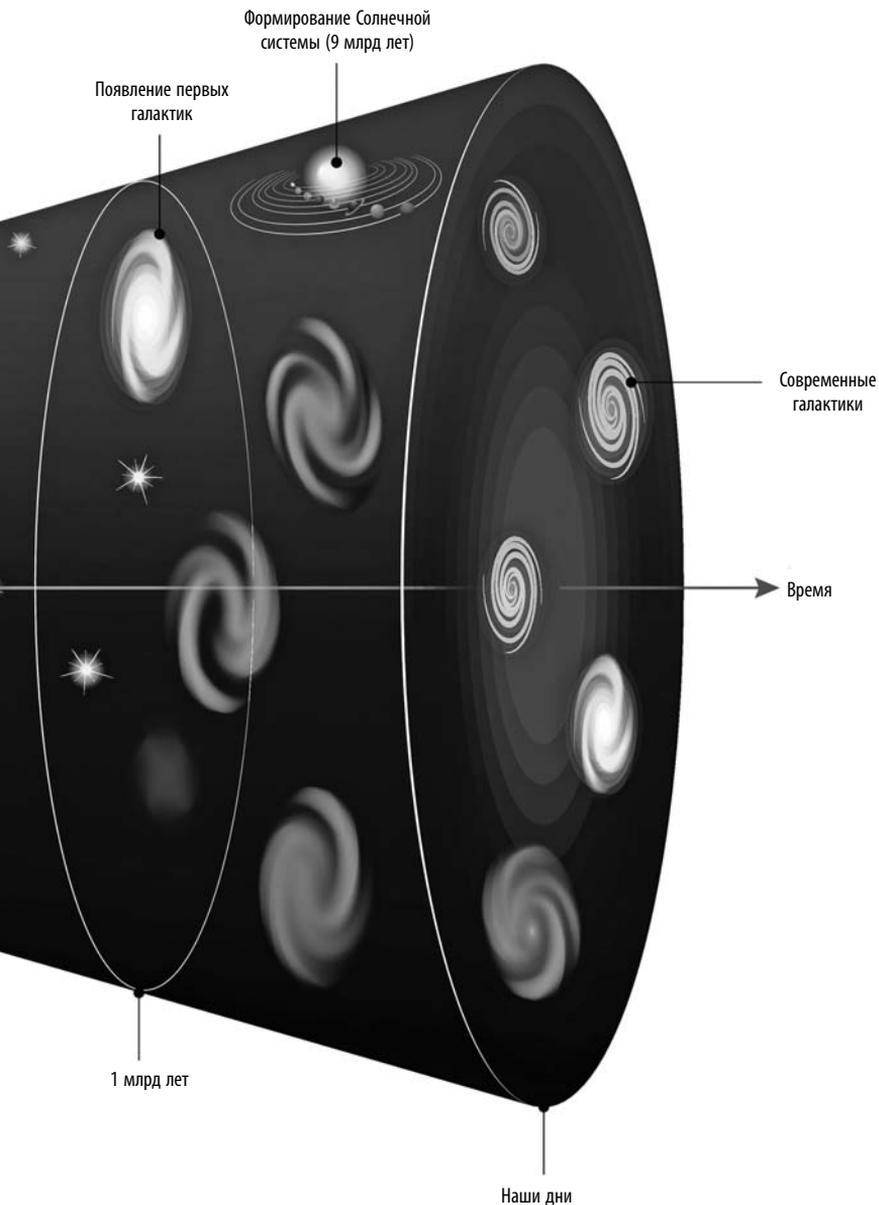
БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Наука позволила нам увидеть всю историю Вселенной на одной иллюстрации. «Большой взрыв» — термин, предложенный британским ученым Фредом Хойлом в надежде на то, что он поможет ему убедить научное сообщество отвергнуть эту



Эволюция Вселенной.

теорию в пользу его собственной. Тем не менее наука доказала его неправоту, а Большой взрыв до сих пор является главной концепцией эволюции Вселенной.



ТЕХНОЛОГИИ КАМЕННОГО ВЕКА

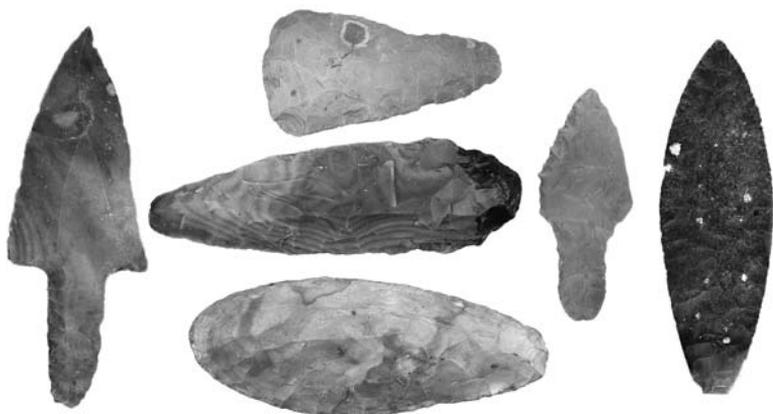
В мысли, что наука и технологии старше, чем современные люди, есть что-то отрезвляющее. Наши далекие дочеловеческие предки, австралопитеки, осмысливали окружающий мир и действовали на основании этих открытий более 3 млн лет назад. Мы знаем об этом благодаря каменным орудиям, которые они оставили после себя и которые представляли собой примитивные, но эффективные резак и скребки для разделки мяса. Нет никаких сомнений в том, что эти древние гоминиды также превращали в полезные орудия кости, дерево и ракушки, но они с течением времени в основном распались. Только каменные орудия пережили последующие эпохи в больших количествах, поэтому мы называем этот этап истории каменным веком.

СТАРЫЙ СТИЛЬ

Конечно, наши предки в каменном веке были не единственными животными, которые делали инструменты, но они стали первыми, кто использовал инструменты, чтобы сделать другие

*Ручные топоры
из Мавритании (в центре),
Нигера (слева) и Израиля
(справа).*





Еще несколько каменных орудий.

инструменты. Производство каменных инструментов стало следствием широко распространенного процесса, который не особенно изменился за первые 1,5 млн лет каменного века. В течение большей части этого времени на генеалогическом древе семьи гоминидов доминировал *Homo habilis*, или человек умелый, получивший свое название в результате его навыков изготовления инструментов. Технология производства требовала использования округлого твердого камня размером с руку, которым нужно было бить по основному камню, пока он

Ручной топор периода ашельской культуры, найденный на территории Верхней Гаронны во Франции.



не треснет и не обнажит острый клиновидный край, подходящий для резки. В качестве каменного молотка часто выступал округлый булыжник, взятый со дна ручья, в то время как для резаков брали камни с высоким содержанием кремния, такие как кремнистый сланец и кремень.

ПОСТЕПЕННЫЕ ИННОВАЦИИ

Эта наиболее примитивная культура обработки камня известна как олдувайская культура — по Олдувайскому ущелью в Танзании, где было раскопано множество самых ранних окаменелых останков гоминидов (и их инструментов). Примерно 1,7 млн лет назад эта технология была развита до ашельской культуры, которая была типична для *Homo erectus* (человека прямоходящего) — первого человекоподобного вида, представите-

ПУТЕШЕСТВИЕ НА ЛОДКЕ

Тот факт, что металлические лодки весом в тысячи тонн могут плавать, до сих пор сбивает с толку непосвященных — хотя Архимед объяснил это еще в 250 г. до н. э. Тем не менее первое судно было, очевидно, сделано из дерева и других биоразлагаемых материалов, и поэтому для нашей письменной истории оно оказалось утрачено. Самая старая уцелевшая лодка — долбленое каноэ длиной 3 м, вырытое из голландского торфяника в 1955 г. Его возраст составляет около 10 000 лет.

Может быть, это судно стало результатом инноваций в дизайне лодок с того времени, который предполагал долбление прямого бревна для создания каноэ. Однако это кажется маловероятным. Современные люди начали расхаживать из Африки по крайней мере 70 000 лет назад и, вероятно, задолго до этого, и скорость и структура их миграционных путей предполагают, что они путешествовали



Каноэ-долбленка.

ли которого начали обитать далеко за пределами Африки. Их инструменты были более искусно выделаны, а отщепы, сколотые обломки от режущих кромок камня, позволяли им создавать более острый и более симметричный инструмент грушевидной формы.

ГОРЯЩИЙ ВОПРОС

Пока каменные орудия оставались постоянным наследием каменного века, нововведением стало укрощение огня. Как и когда это произошло — все еще предмет для исследований. Наши предки явно были хорошо осведомлены о характеристиках огня благодаря наблюдению за естественными пожарами, вызванными молниями: самые ранние доказательства контролируемого использования огня имеют возраст в 1,5 млн лет.

в основном по воде, захватывая побережья Восточной Африки, Аравии и Южной Азии.

Современные люди жили на островах Индонезии и в Австралии задолго до того, как они мигрировали на обширные внутренние территории Евразии, и прошло как минимум 40 000 лет, прежде чем кто-либо добрался до обоих континентов Америки. Прибавьте к этому то, что *Homo erectus*, наш дочеловеческий родственник, жил в Азии более миллиона лет назад и на индонезийских островах за 600 000 лет до того, как современные люди эволюционировали в Африке.

Какую форму принимал примитивный корабль? Натуральные плоты из плавающих стволов деревьев, вероятно, становились источником вдохновения для первых образцов. Также они делались в форме долбленок, которые стали традиционными во всем мире; к другим ранним вариантам относятся коракли, чей каркас из прутьев обтягивался шкурой или кожей животных, а также тростниковые лодки, сделанные в результате скрепления длинных переплетенных снопов тростника. Этот метод плетения лодок все еще используется в традиционных андских и арабских общинах.

ПЕРВАЯ МАШИНА

Рубило (ручной топор) — кусок камня размером с кулак в форме заостренного резца, было изобретено более двух миллионов лет назад. Это первый механизм в истории человечества. Механизм — это устройство, которое модифицирует силу, изменяя направление ее приложения и увеличивая или уменьшая ее воздействие. Есть на самом деле только шесть простых типов таких механизмов — клин, рычаг, колесо, винт, рампа и шкив, — и все остальные машины (кран, ткацкий станок или двигатель) представляют собой просто комбинации одного или нескольких из них. Рубило — это клин. Как объясняет его определение, у рубила есть две стороны — более тонкая, заостренная, и более широкая. Сила, приложенная к широкому концу, фокусируется на тонком остром крае, где он приобретает достаточно мощи, чтобы прорезать другие материалы. Клин лежит в основе всех примитивных резцов и оружий, таких, например, как наконечники копий. Нож — современный аналог рубила. Похоже, что дочеловеческие общества использовали в качестве рычагов палки и кости при копании ям и подобных занятиях,



но другие простые орудия, судя по всему, были в ходу сравнительно недолго — 10 000 лет или около того.

*Доисторическое рубило,
или ручной топор.*

Трение, должно быть, стало основным методом добывания огня. Искры можно получить от удара камнем — мы все еще называем стальные искрящиеся зажигалки кремниевыми. Еще один метод — трение палок друг о друга. Обнаруженные очаги и ямы, заполненные пеплом, позволяют понять, что около 200 000 лет назад ранние люди начали повсеместно использовать огонь для

*Огонь добывали трением одного куска
дерева о другой.*

тепла, света, защиты и приготовления пищи — все эти процессы были настоящими инновациями, которые мы используем и сегодня.

Следующим крупным шагом стало использование огня для производства искусственных материалов: около 25 000 лет назад люди научились делать каменную керамику из мягкой формовочной глины. Помещение этих объектов в горячий огонь заставляло мягкую глину превратиться в твердые камни. И это не вопрос простого высушивания глины; тепло химически изменяет содержащиеся в ней минералы, превращая податливое вещество в жесткую структуру. Сначала керамика использовалась в декоративных или ритуальных целях, но примерно 15 000 лет назад люди начали создавать функциональные объекты, такие как миски и банки. Керамика такого типа, позволяющая переносить и хранить воду и пищу, давала очевидные последующие преимущества культурам, которые переходили от охоты и собирательства к ведению сельского хозяйства, кроме того, процесс обжига глины привел к возникновению и другого непредвиденного результата — появлению обработки металлов.



*Вестоницкой Венере
по меньшей мере 27 000 лет.*

ТАИНСТВЕННЫЕ МЕГАЛИТЫ

Самое известное наследие каменного века — мегалитические памятники, такие как Стоунхендж в Великобритании или Карнак во Франции. Мегалитическая архитектура начинается свое развитие примерно в 8500 г. до н. э. Основной формой, традиционной для мегалитов, был дольмен, представляющий собой камеру — как правило, довольно маленькую, — созданную за счет водружения крыши из плоских камней, положенной на вертикальные скалы.

Слово «мегалит» буквально означает «очень большой камень». На первый взгляд, выглядит так, будто каменные элементы мегалитических сооружений — всего лишь большие камни, которые были поставлены вертикально или положены друг на друга. Тем не менее камни обработаны по всей поверхности, то есть они были вытесаны и отполированы при помощи инструментов — во многих случаях это были каменные инструменты. Мегалиты часто связаны соединениями, например, выступающие клинья на одном камне нужно было вставить в отверстия в другом.

Почему именно люди, обитавшие в основном в Западной Азии и в Европе, начали строить здания таким образом, не вполне ясно. Помимо использования камня, при строительстве использовались деревянные составляющие и ландшафтные работы, которые сейчас в значительной степени поглощены природой. Нет никаких сомнений, что такие сооружения были очень важны, особенно учитывая миллионы человеко-часов, потраченные на их создание. Стоунхендж, самый известный мегалит в мире, вырав-

нен по движению Солнца в течение года. Возможно, он был храмом или древней астрономической обсерваторией — но, скорее всего, и тем, и другим!



Стоунхендж.

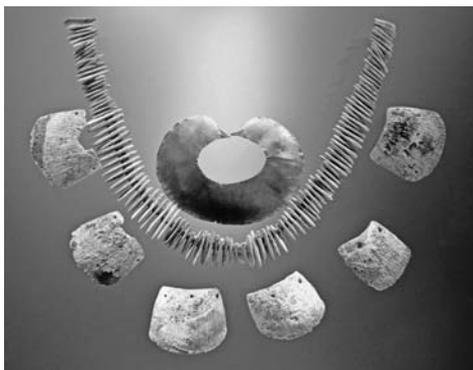
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

По сравнению с тяжелым, но хрупким камнем и непрочным и недолговечным деревом металл — это чудо-материал. Ему можно легко придать любую форму, его можно немного согнуть, но он все равно будет сохранять свою форму. Тем не менее его редко можно встретить в природе. Из около 90 элементов (простые вещества во Вселенной, подробнее о которых позже), которые встречаются на Земле, только девять являются самородными. Это означает, что они появляются в естественно чистом твердом состоянии, и только три из них — металлы: медь, серебро и золото.

СВЕРКАЮЩИЕ МЕТАЛЛЫ

По иронии судьбы в древности проще всего было найти как раз золото, крупинки которого мерцали в песчаных руслах ручьев. Чистые медь и серебро также были расположены в трещинах и разломах скал, где теплые, химически богатые воды, когда-то стекавшие по ним, оставляли за собой отложения металлов.

Первое твердое доказательство использования золота людьми, которое у нас есть, относится к культуре Варна в Болгарии, которая существовала около 6300 лет назад. Тем не менее золото находили в поселениях людей, основанных и 40 000 лет назад, но оказалось ли оно там случайно или потому что его использовали, не вполне ясно. Похоже, что у зо-



Золотой артефакт доколумбовых цивилизаций.



Медный артефакт доколумбовых цивилизаций.

лота действительно очень древняя история. Стойкая привлекательность этого металла основана на его долговечности. В отличие от меди, железа и даже серебра золото не вступает в химические реакции и потому не подвержено коррозии. Золото всегда использовалось для изготовления предметов сакральных или символизирующих высокий статус, со сменой поколений эти предметы не истлевали и не превращались в прах. В итоге золото все еще является дорогостоящим и надежным резервом, на который всегда можно положиться, потому что оно останется неизменным и сохранит свою ценность.

КОЛЕСО

Стало ли оно самым важным изобретением в истории человечества, вопрос дискуссионный, но начало у колеса было куда скромнее, чем можно предполагать. Первое колесо и ось появились в жизни человека около 3500 лет назад. В это время тяжелые грузы тащили на санях, иногда на роликах, однако прошло некоторое время, прежде чем к саням добавили колеса, которые позволили сделать тележки и повозки — первые колесные машины. Колеса использовались гончарами, которые, вращая их, могли формировать из глины миски.

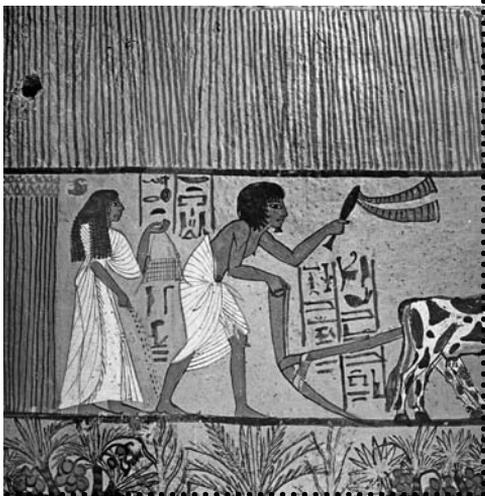


Первые колесные тележки были использованы в 3500 г. до н. э. в Шумере. Колесницы были созданы вскоре после этого.

РАСЦВЕТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На протяжении большей части человеческой истории наш вид выживал благодаря охоте и собирательству — этот образ жизни требовал постоянного движения в погоне за животными и в поисках новых источников растительной пищи. Одним из продуктов, которые мы собирали, были зерна травы, росшие на больших лугах. Колосья дикой травы разрушаются при прикосновении. Это означает, что семена, рассыпавшись по земле, получали удачное местоположение, чтобы прорасти следующей весной. Тем не менее для людей, вынужденных собирать зерно из пыли, это становилось тяжелой работой. Однако некоторые колосья не так легко разбивались, и зерно можно было собрать все сразу. Первый фермер просто посадил семена из таких неразрушившихся колосьев и вырастил их на собственных лугах. Следующей осенью он с легкостью мог собрать зерно. Так началось развитие сельского хозяйства. Считается, что эти процессы происходили неоднократно и независимо друг от друга: сначала примерно в 10 000 г. до н. э. так была посажена пшеница в Месопотамии, затем — рис в Восточной Азии в 8000 г. до н. э. и маис (или кукуруза) в Мексике примерно в 6700 г. до н. э.

Фрагмент росписи в гробнице Сеннеджема, изображающий владельца гробницы за пахотой. Его жена рядом с ним сеет лен или семена пшеницы.



ПЛАВКА

Общее количество чистого золота, которое было добыто из горных пород Земли с начала времен, составило бы куб со стороной 25 м — и идеально бы поместилось на штрафной площадке футбольного поля. Еще примерно четверть от этого объема все еще находится где-то под землей и ждет, пока ее раскопают. Самородные медь и серебро более распространены в горных породах, но мы решили оставить их там, где они есть, потому что около 8500 лет назад люди, жившие на месте современной Центральной Турции, изобрели технику извлечения металлов из богатой минералами руды.

Этот метод — плавка — позволяет добывать чистый металл из кристаллических твердых веществ. Вероятно, его случайно нашли во время обжига керамики. Гончары, добавившие привлекательные цветные кристаллы в оформление своих горшков, обнаружили, что тепло печи превратило их в гранулы металла. Загружая их вместе с правильными кристаллами (сегодня мы бы назвали их рудами), они могли превращать гончарную печь в плавильную.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Плавка, или химический процесс выделения металла из руды, подразумевает, что руда «восстанавливается» до своего основного металла. Вопрос того, как именно происходит этот процесс, был предметом постоянного внимания алхимиков и первых химиков до конца 1700-х гг. Сегодня мы знаем, что руды обычно представляют собой оксиды или сульфиды металлов, где атомы металла связаны с атомами кислорода или серы. В процессе плавки кислород или сера в рудах вступает в реакцию



Шлем эпохи бронзового века.

с углеродом в древесном топливе, и руда отдает свой металл, так как другие ее составляющие образуют соединение с углеродом. Самый очевидный пример — оксидная руда, которая превращается в чистый металл и углекислый газ.

Современные химики все еще используют термин «восстановление». Эта общая концепция предусматривает, что во время химической реакции вещество теряет кислород или аналогичный элемент, содержащийся в нем. Противоположный процесс, когда к веществу добавляется кислород или его аналог, называется окислением. Следовательно, при плавке руда восстанавливается, а углеродное топливо окисляется.

МЯГКО И ПРОСТО

Первым выплавляемым металлом был свинец. Этот элемент менее реактивен, чем многие металлы, и поэтому его легко восстанавливать из руд, тем более что он требует более низких температур нагревания. Самая яркая свинцовая руда — это галенит, темный блестящий минерал, состоящий в основном из сульфида свинца. Примерно в 6500 г. до н. э. галенит выплавляли в печах в Чаталхёюке (расположен на территории современной центральной Турции). По-видимому, свинец оказался не таким уж полезным для неолитических обществ, которые его создали, возможно, он и вовсе был побочным продуктом обработки серебра. Чистый свинец очень мягкий и не годится для изготовления инструментов или оружия. Римляне нашли применение свинцу в производстве труб и водопровода. По-латыни свинец — это *plumbum*, из него образовалось в английском языке слово *plumber* (сантехник).

МЕШАНИНА

Частичное сжигание древесины до состояния древесного угля — почти чистого углеродного топлива — позволило металлургам прошлого повысить уровень нагрева своих плавильных печей, чтобы извлекать больше металла. Это усовершенствование технологии открыло возможности выплавки других металлов, особенно меди. К 5000 г. до н. э. медь была основным металлом, который производили в странах Восточного Среди-

земноморья. Чистая медь была прочнее свинца, она произвела революцию в военных технологиях, поскольку ее использовали для изготовления оружия и доспехов, хотя каменные технологии все еще были важны.

Такое положение вещей начало меняться примерно через 1000 лет, когда чистую медь смешали с мышьяком и оловом для создания сплава, известного как бронза. Легирование дает металлам большую прочность, но не уменьшает другие свойства. Атомы металла связаны таким образом, что они могут свобод-

НАТЯГИВАЮЩИЕ ВЕРЕВКУ

Сельское хозяйство меняло человеческое общество самыми разными способами. Один из них привел к возникновению концепции права собственности на землю. После ежегодного разлива река Нил затопляла прибрежные зоны своим плодородным илом, и писцы, известные как гарпедонапты, или «натягивающие веревку», тщательно размечали поля каждой семьи. Гарпедонапты использовали веревки, размеченные 12 узлами, завязанными на одинаковом расстоянии друг от друга. Из этих веревок они

складывали треугольник с тремя, четырьмя и пятью узлами на каждой стороне, создавая идеальный прямоугольный треугольник для маркировки квадратных углов участков. Это показывает, что египтяне понимали знаменитую теорему Пифагора о соотношении сторон прямоугольного треугольника еще за 2500 лет до того, как греческий математик появился на свет!



Древнеегипетский землемер — гарпедонапт.



*Оружие бронзового века,
найденное в Финляндии.*

но проходить мимо друг друга, но не отрываться, что лежит в основе способности металла формироваться и изгибаться без разрушения. В производстве бронзы легирование позволяет добавлять атомы олова большего размера к уступающим им в этом атомам меди — такой процесс создает условия для фиксирования атомов и получения нового, более прочного металла. Бронзовое вооружение можно было сделать острее и жестче, чем медное, поэтому культура легированной бронзы скоро вступила в фазу активного развития и распространения технологий бронзового века по всему миру.

Бронзовый век длился около 2500 лет, пока основные запасы олова не начали истощаться. В результате эта инновация не стала постоянно используемой технологией, но отправила бронзу в учебники истории.



*Производство
оружия
из бронзы.*

ЖЕЛЕЗНЫЙ ВЕК

Бронзовый век стал временем легенд. Он был той эпохой, когда происходили события, о которых рассказывают дошедшие до нас мифы и легенды, такие, например, как огромные наводнения, миграция племен, ужасные войны и разрушающие город катаклизмы; он был эрой Елены Троянской, Гильгамеша и Минотавра.

Великие цивилизации бронзового века, в частности минойская цивилизация Крита, царства Вавилона и Древнего Египта, были расположены в регионах Восточного Средиземноморья и Персидского залива. Этот район стал перекрестком мировых торговых путей, что оказало самое серьезное влияние на дальнейшее развитие истории человечества.

ЗАКАТ БРОНЗОВОГО ВЕКА

Однако примерно в 1200 г. до н. э. многие из этих великих цивилизаций стремительно уходят в прошлое. Ученые не вполне уверены, что стало тому причиной. Возможно, дело было в изменении климата, или, возможно, в том, что наступающие, особенно с запада и севера, захватчики нападали на города и торговые пути. Еще одним фактором определенно стало отсутствие олова, элемента, необходимого для изготовления бронзы. Олово поступало в основном из Западной и Северной Европы — проблемного региона, — и без свежих поступлений армии были вынуждены перерабатывать все, что только могли найти. У мастеров

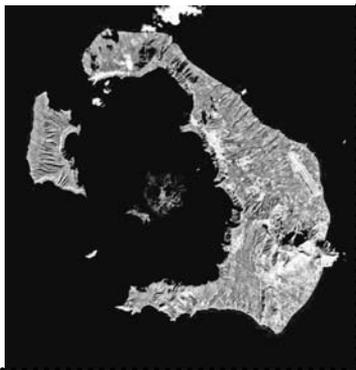


Город Кносс, расположенный на средиземноморском острове Крит, был столицей минойской цивилизации бронзового века.

ТАЙНА АТЛАНТИДЫ

Считается, что одним из факторов гибели цивилизации бронзового века стало катастрофическое извержение вулкана, которое в 1627 г. до н. э. разрушило большую часть греческого острова Тира, также известного как Санторини. На этом острове в эпоху бронзового века находился город Акротири, бывший частью минойской цивилизации, центр которой был сосредоточен на острове Крит. Город был полностью похоронен под слоем вулканического пепла. Между тем волны цунами, вызванные извержением, промчались через Эгейское море на Крит и привели к полному разорению, возможно, уничтожив флот кораблей морской культуры, лишив минойцев возможности торговать и защищать себя. Эта история разрушения — главный претендент на право быть источником событий, которые вдохновили Платона на создание истории Атлантиды, цивилизации, погубленной океаном.

Извержение вулкана полностью разрушило середину острова Тира.



также не хватало деревьев, источника древесного угля, и поэтому производство бронзы более или менее прекратилось.

Поиски новых источников олова заняли 300 лет и в конечном итоге увенчались успехом, но к тому времени новая металлическая технология заняла свое место — литье железа. Хотя железо значительно более активно вступает в реакции, чем медь или олово, и, следовательно, требует больше энергии для выплавки, после очистки оно превосходит любой медный сплав по прочности и ударной вязкости. Кроме того, железная руда встречается значительно чаще, чем медная, и ее гораздо легче найти, чем олово. Таким образом, несмотря на высокие

энергетические затраты на переработку, железо оказалось дешевле бронзы, потому что не нужно было перемещать руду на большие расстояния от шахты до плавильных печей. В мире окончательно наступил железный век. Этот металл, значительно улучшенный легированием, по-прежнему является основным для производства всего, чем мы пользуемся сегодня и где нужен металл — от скрепок до небоскребов.

ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

Использование железа на самом деле началось еще до наступления бронзового века. Погребальные предметы из гробниц, построенных в долине Нила в 3200 г. до н. э., выполнены из метеоритного железа, которое, как следует из названия, — чистое железо, прибывшее из космоса. Плавить этот материал не было необходимости, но его было недостаточно, чтобы создать основы для новой технологии. Начало ей дали первые печи, в которых стали плавить железо. Имеются данные о нескольких успешных попытках очистить железо от руды в Месопотамии в третьем тысячелетии до н. э., и железолитейное производство определено существовало на северных Балканах, на территории современной Сербии, в 1300 г. до н. э., за несколько десятилетий до наступления конца бронзового века. В Нигере, в Западной Африке, с 1500 г. до н. э. также было железообрабатывающее производство, примерно в то же время, когда в регионе начали постепенно переходить к технологиям работы с медью и бронзой.



Тем не менее для масштабной обработки железа требовался новый вид плавильных печей, известный как сыродутная печь, или сыродутный горн. Ее изобрели на Ближнем Востоке, самые ранние находки относятся к долине реки Иордан. Работа сыродутной печи была построена

Выплавка железа.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛИ

В то время как в кованом железе содержалось около 0,5 % углерода, в стали его содержание доходит до 2 %. Добавление кристаллов углерода в решетку атомов железа позволяет металлу слегка изгибаться, а также предотвращает его растрескивание при нагрузках. Создание углеродистой стали вручную требует огромного мастерства и немалого труда, и эта технология долго развивалась. Лучшая техника была разработана в Южной Индии около 300 г. до н. э., откуда она попала по торговым путям в Дамаск, который находился на территории современной Сирии. В течение следующих 1500 лет благородные рыцари и другие профессиональные убийцы следили за тем, чтобы их оружие было изготовлено из высококачественной и острой дамасской стали.



Мечи из дамасской стали.

на мехах — новом изобретении, появление которого датируется около 900 г. до н. э. и которое позволяет направить воздух в печь, чтобы повысить ее температуру. В результате получалась крица — рыхлый ком размягченного губчатого железа, загрязненного шлаком. Крицу следовало раскалить и отбить молотом, чтобы вытеснить расплавленные примеси и получить в результате очень чистую форму металла — кованое железо. Такое железо было долговечным, легким в производстве и гибким, что делало его полезным для производства некоторых предметов, хотя и далеко не всех: клинки и другое оружие из кованого железа были не очень острыми. Однако опытный кузнец может превратить крицу в сталь, сплав железа и углерода, которая и в современном машиностроении все еще является важным материалом.

НАУКА КЛАССИЧЕСКОЙ ДРЕВНОСТИ

Умение плавить железо достигло Австралии и Америки только в эпоху великих географических открытий, которая началась в 1400-х гг., но сама технология распространилась по всем уголкам Старого Света — от Ирландии до Японии и южной части Африки — примерно за 2000 лет до этого. Разные цивилизации во всех регионах, особенно в Западной Африке, Китае, Индии и южной Европе, где римляне становились значительной силой, начали добиваться больших успехов. Тем не менее если вернуться к истокам этого процесса, то все это началось на берегах Восточного Средиземноморья, где доминировали две культуры: персы, которые представляли собой могучую империю, и древние греки, соткавшие лоскутное одеяло из родов-государств.

НОВЫЕ СПОСОБЫ МЫШЛЕНИЯ

Несмотря на все героические завоевания, успехи в новых технологиях и искусстве древних цивилизаций по всему миру, история науки действительно начинается с греческой культуры. Почему именно греческая культура породила этот новый способ исследования мира, все еще остается предметом дальнейших размышлений. Очевидно, что сильное влияние оказала религия классической Греции, которая основывалась на олимпийском пантеоне, включавшем царя богов Зевса, Афродиту, Аполлона, Посейдона и других. Эта компания богов обладала сверхъестественными способностями, но была очень человеческой в своем поведении, часто действуя под влиянием зависти, похоти и гнева. Смертные люди просили у богов милости и защиты, но боги давали мало ответов на фундаментальные вопросы вроде «Откуда взялась Вселенная?» и «Как работает природа?». Как результат, смертные мыслители сами пытались с ними разобраться,

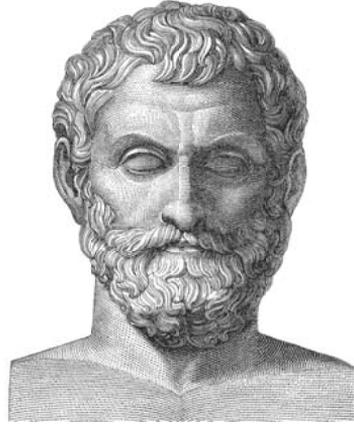
Фалес Милетский.

используя любые доказательства, которые могли собрать. Такое направление стало называться естественной философией.

ПЕРВЫЙ УЧЕНЫЙ

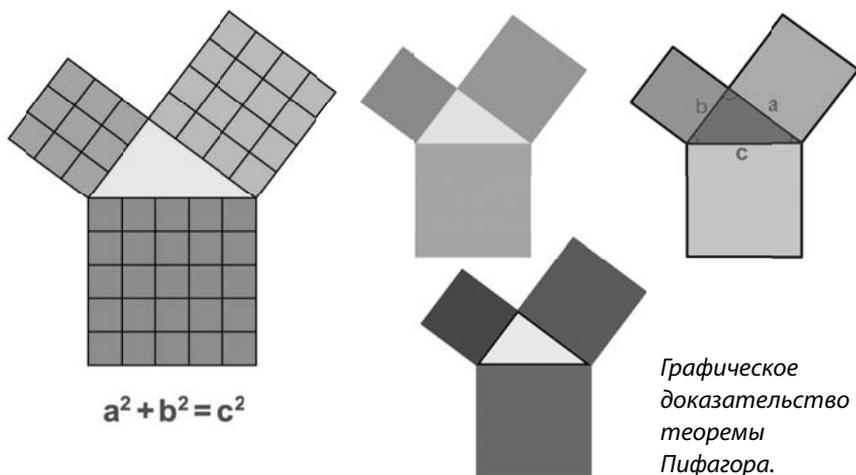
Фалес считается первым в истории исследователем окружающего мира. Живя в Милете, греческом городе на западном побережье современной Турции, он был крупнейшим представителем натурфилософии. Фалес первым описал свойства электричества. Он изучал, как натирание янтаря заставляет его притягивать пыль и перья и даже выпускать крошечные искры.

Фалес считал это доказательством главного принципа, лежащего в основе всей материи, хотя по вполне понятным причинам он даже не приблизился к истинному пониманию статического электричества (он думал, что оно связано с водой). Более ясное понимание этого явления вынуждено было подождать до XVIII в., хотя Фалес и повлиял на окончательное его название. Греческое слово «янтарь» — *ἤλεκτρον (elektron)* — вдохновило на создание термина «электричество».



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ

По словам греческого историка Геродота, который жил на сто лет позже Фалеса, великий мыслитель первым в истории предсказал полное солнечное затмение. Предполагается, что он сделал это, проанализировав движение Солнца и Луны, но некоторые ученые сомневаются, действительно ли он смог бы это сделать. Событие, которое сейчас известно как Затмение Фалеса, произошло 28 мая 585 г. до н. э. Этот день также ознаменовал битву между Мидией и Лидией, двумя государствами, расположенными недалеко от родного города Фалеса. Две армии



находились в пылу сражения, когда затмение погрузило их во тьму. Обе стороны увидели в этом плохой знак и поспешили заключить мир.

Фалес добился еще большего успеха в своей математической работе. Некоторые теории геометрии треугольников носят его имя, но теперь оно прочно затенено достижениями Пифагора. Рожденный через 50 лет после Фалеса, Пифагор стал, вероятно, самым известным математиком всех времен и народов, несомненно, благодаря тому, что все мы изучаем его теорему о прямоугольных треугольниках в школе. Для тех, кто забыл: квадрат гипотенузы (самая длинная сторона) прямоугольного треугольника равен сумме квадратов двух других сторон.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ МЫСЛИ

Пифагор не сам пришел к этому открытию — египетские землемеры-гарпедонапты использовали его более 2500 лет к моменту его рождения, — но он, вероятно, был первым, кто доказал, что это решение истинно во всех случаях. Пифагор создал целое направление в естественной философии, основанное на числах. Он считал, что вся природа, все процессы, которые производят вещества и управляют тем, как они меняются, могут быть объяснены только целыми числами. К сожалению,

АТОМЫ

Древнегреческий философ Зенон Элейский, живший в V в. до н. э., использовал парадоксы, чтобы выявить недостатки в теориях и способах мышления. Возможно, самый его известный парадокс — «Дихотомия», в котором он заставляет бегуна пробежать по беговой дорожке стадиона. Но, чтобы преодолеть путь, нужно сначала преодолеть половину пути, а чтобы преодолеть половину пути, следует преодолеть четверть пути, одну восьмую, одну шестнадцатую и так до бесконечности. Зенону интересно, насколько возможно движение на любое расстояние, если оно обязательно состоит из бесконечной последовательности частей этих расстояний.

Современник Зенона Левкипп не проводил таких смелых мысленных экспериментов. Он предположил, что материя не может бесконечно разделяться на меньшие отрезки: в конце концов вы дойдете до размеров, которые нельзя больше делить, — *ἄτομος* («атомос», с др.-греч. «неделимый»). Эта идея положила начало концепции атома, крошечного неделимого строительного блока природы. Ученик Левкиппа Демокрит расширил эту концепцию и предположил, что атомы воды очень гладкие и скользкие, а человеческая душа состоит из ультрамалых и легких огненных атомов. Так родилась идея атома, но только в чисто теоретическом смысле. Первое доказательство существования атомов появилось только в начале XIX в.

его система рухнула, когда один из его последователей указал на один недостаток: простой треугольник — самый простой из всех — не соответствовал математической гипотезе. Представьте себе прямоугольный треугольник с короткими сторонами по 1 единице длины каждый. Сумма их квадратов ($1^2 + 1^2$) равна 2. Это означает, что длина гипотенузы равна $\sqrt{2}$. Что это за число, которое приводит к 2 при умножении на себя? Ответ: 1,41421356... — бесконечно длинная дробь. Такое число было отвергнуто пифагорейской философией, хотя оно стало основ-

ным строительным блоком для развития современной математики (но это уже совсем другая история).

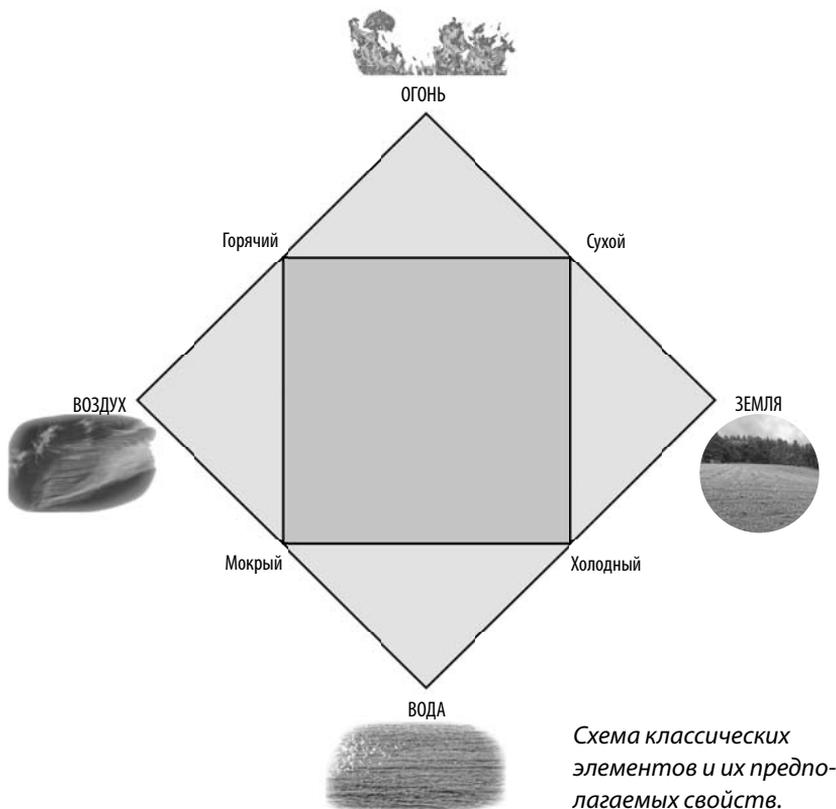
Других натурфилософов отличал более общепринятый способ понимания природы. Все вещи, по их словам, были созданы из смеси земли, воздуха, воды и огня, четырех простых материалов, которые мы теперь называем элементами, хотя греки никогда этого не делали. (Эта идея ни в коем случае не была исключительной для Греции, хотя индийская и китайские версии включали другие материалы, например дерево и металл.) Каждый элемент обладает набором отличительных характеристик. Таким образом, мягкий материал был полон воздуха, твердый — богат землей, теплый — огнем и так далее.

СЛОИ В СЛОЯХ

Аристотель, пожалуй самый известный греческий философ, работал в IV в. до н. э. и опирался на идеи своих предшественников, чтобы создать представление о Вселенной. По его мнению, Вселенная, начиная с Земли, которая находится в ее центре, представляет собой гармоничное и упорядоченное место. Аристотель предположил, что природа пребывает в состоянии

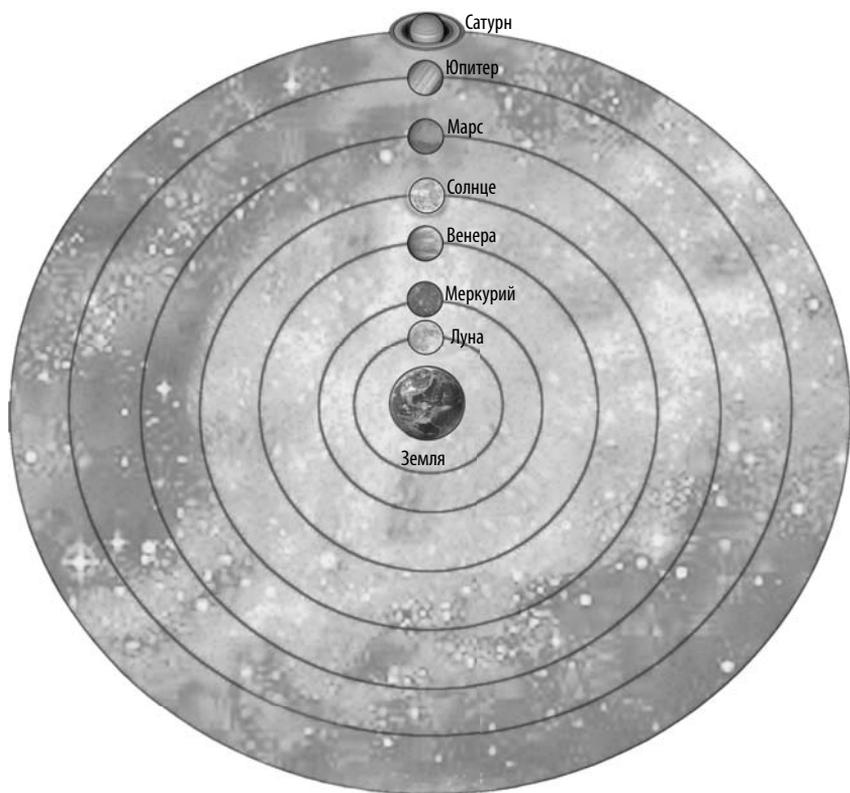
СФЕРИЧЕСКАЯ ЗЕМЛЯ

Аристотель, возможно, и был далек от истины по многим вопросам, но его логика была безупречна при объяснении доказательства того, что Земля является сферой. Первым свидетельством шарообразности формы Земли было то, что моряки всегда видели верхнюю часть мачты корабля до того, как могли увидеть его корпус. Они предполагали, что с точки зрения наблюдателей корабль поднимается к ним. Во-вторых, моряки сообщали, что видели другие звезды, когда плыли на юг, это значит, что северные созвездия скрывались за изгибом планеты. В-третьих, наконец, во время лунного затмения Земля отбрасывает тень на Луну, и эта тень всегда круглая. Единственная форма, которая всегда дает круглые тени, — это сфера.



изменений, потому что четыре элемента постоянно жаждут отделиться друг от друга. Дождь и молния — это вода и огонь, выходящий из воздуха, а горение — стремящиеся к разделению воздух (дым) и земля (пепел) в древесине. У каждого элемента есть свой уровень, начиная с тяжелой земли, которая образовала самый нижний слой. Следующей идет вода, затем воздух и, наконец, огонь, который образует кольцо вокруг Земли по эту сторону Луны.

За огненным слоем Вселенная была наполнена эфиром, который Аристотель назвал пятым элементом, или квинтэссенцией. В отличие от четырех земных элементов эфир — субстанция небесная, совершенная и неизменяемая, поскольку Солнце и планеты (в то время было известно только пять) двигались



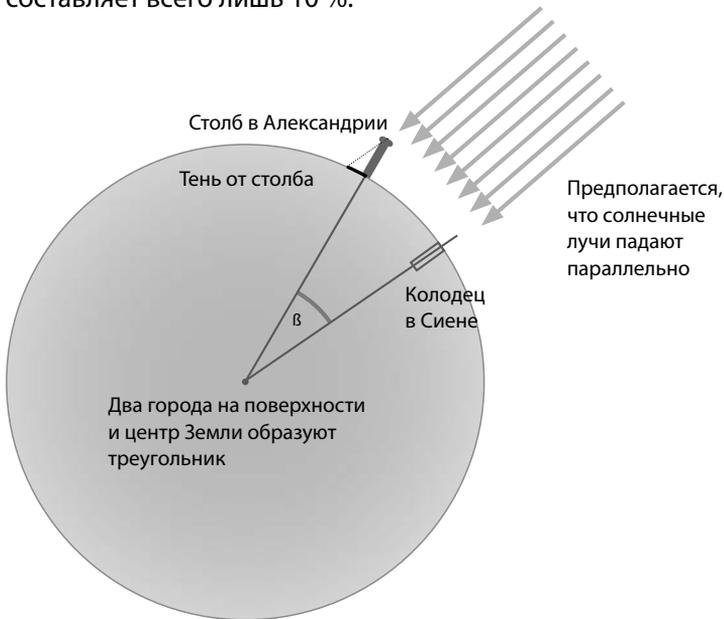
Геоцентрическая вселенная Аристотеля.

вокруг Земли. Внешний край Вселенной представлял собой кристаллическую сферу, усыпанную звездами.

Аристотель предположил, что его система должна быть приведена в движение перводвигателем, или «тем, что движется без движения», и, по мнению Аристотеля, это должно быть бессмертное, неизменное существо, в конечном счете ответственное за всю целостность и упорядоченность чувственно воспринимаемого мира. В результате такого подхода Вселенная Аристотеля стала частью догмы католической церкви. Подвергать сомнению его правдивость было ересью, и доказательство того, что оно по большей части неверно, могло бы стать серьезной проблемой.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗЕМЛИ

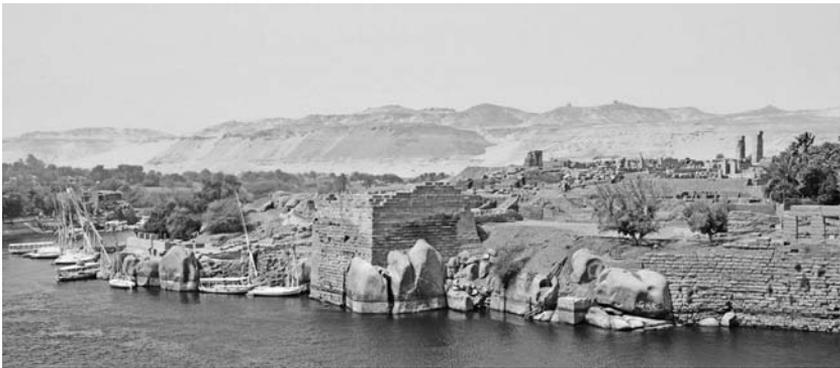
Примерно через столетие после Аристотеля Эратосфен, греческий математик, живший в Северной Африке, нашел способ определить размер Земли. Он знал, что в день летнего солнцестояния Солнце находилось прямо над городом Сиеной (ныне Асуан, Египет), поэтому освещало дно глубоких колодцев, чего не наблюдалось в Александрии (Египет). В такой день Эратосфен измерил угол падения солнечных лучей в Александрии и построил линии от точек измерения до центра Земли. Зная расстояние между ними, он рассчитал, что это пятидесятая часть полного круга. Поэтому расстояние от Александрии до Сиены составило пятидесятую часть окружности Земли. Его окончательный ответ состоял в том, что окружность Земли достигает 252 000 стадий, или 44 100 км. Погрешность у Эратосфена по сравнению с современными точными измерениями составляет всего лишь 10 %.



АРХИМЕД

Известный своим высказыванием «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю», Архимед добился большого прогресса в машиностроении. Он использовал рычаги и блоки для перемещения целых кораблей и, по легенде, поджигал вражеские суда, используя вогнутые металлические тарелки, чтобы сфокусировать солнечный свет и превратить его в прожигающий луч. В математике Архимед стал первым, кто дал свое знаменитое приближение для числа пи (отношение длины окружности к ее диаметру) — 3,14. Эта цифра использовалась в школьных классах в течение последующих 2250 лет. Однако его имя носит именно то открытие, которое Архимед совершил в ванной, заметив, что его тело вытеснило воду, когда он сидел в наполненной до краев ванне. Архимед мгновенно понял, что заставляет объекты плавать или тонуть: если объект весит больше, чем объем воды, который он вытесняет, он тонет, если весит меньше, он плавает. В этом и заключается принцип Архимеда, который объясняет, почему огромные металлические корабли можно построить так, чтобы они оставались на плаву.

Остров Элефантина на реке Нил близ Асуана, где был расположен колодец Эратосфена.

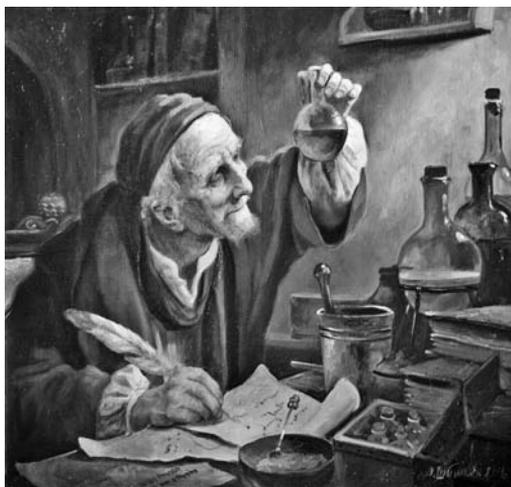


ЭПОХА АЛХИМИИ

Алхимики, частично ученые, частично волшебники, заполнили время между классической эрой натурфилософии и научной революцией XVII в. Древнегреческие натурфилософы проводили дни, размышляя о природе в тени своих любимых деревьев, а затем рассказывали о том, что они придумали (как правило, в обязанности их учеников входила запись всех этих размышлений, и в итоге часто возникает путаница в отношении того, чья же это была идея). Алхимики были гораздо более практичными исследователями, но историки все еще сталкиваются с большими проблемами при выяснении, кто, что и как сделал, хотя и по совсем другим причинам.

ТЕМНЫЕ КОРНИ

Слово «алхимия», которое в итоге дало нам термин «химия», имеет сложную этимологию. В первую очередь оно попало в европейские языки из арабского *al-khīmiyā'*, но его происхождение еще более древнее и туманное. Арабский термин,



Алхимик проводит эксперименты в своей лаборатории.



Александрийская библиотека.

вероятно, происходит от греческого термина *khemia*, что означает «сплав металлов». Как мы увидим, алхимики уделяли особое внимание поведению металлов, особенно драгоценных. Тем не менее известно, что *khemia* относится к древнеегипетскому слову «черная земля», плодородным почвам долины Нила. В общем, мы могли бы остановиться на том, что алхимия — таинственная дисциплина, возникшая в греко-римском Египте, где столица Александрия (имени Александра Македонского, самого известного ученика

Аристотеля) стала мировым центром знаний. В огромную библиотеку города в течение многих веков до нашей эры стекались знания со всего мира, особенно из Китая и Индии, и смешивались с достижениями западной мысли.

Алхимик во многом воплотил современные представления о волшебнике: отшельник, который работал под покровом тайны, бормоча заклинания и смешивая множество странных снадобий. Человек с неизвестными способностями, которому нельзя было доверять. И это достаточно справедливо. Алхимики вовсе не стремились раздвигать границы знаний, они боролись за деньги и власть.

ТРИ ЦЕЛИ

Для алхимиков то, что мы сегодня определяем как магию, было частью всех природных процессов. В результате и их цели были несколько волшебными. Алхимики пытались найти три вещи: панацею, эликсир и философский камень. Панацея — вещество, которое может вылечить все болезни. Эликсир — жидкость, которая давала выпившему ее бессмертие. Наиболее важным был философский камень, который мог превратить недорогие неблагородные металлы (такие, как свинец и железо) в золото.

БУМАГА

Китайцы гордятся тем, что им принадлежит четыре великих изобретения: порох, компас, бумага и печать. Бумага стала первым изобретением, свидетельство о котором у нас есть, и ее производство датируется началом II в. н. э. Китайская бумага была сделана из растительных волокон, в том числе конопли, оставшейся от текстильного производства. Эти волокна размачивались и затем размягчались до состояния кашицы, которая выкладывалась на специальные формы, высушивалась и разглаживалась камнями, пока не приобретала форму плоских листов. Древние египтяне задолго до китайцев использовали похожий метод, выделявая папирус. Он был сделан из высушенных полос, вырезанных из стеблей тростника. Тем не менее технология создания бумаги может распространяться на все типы растительных волокон, включая древесину, которая используется сегодня.

*Древний китайский текст,
записанный на бумаге.*



Обнаружение любого из этих предметов привело бы к неисчислимым богатствам, и поэтому алхимики сознательно скрывали свою работу, чтобы соперники не могли украсть их открытия. В результате шарлатанам легко было обмануть доверчивых и отчаявшихся людей обещаниями большого богатства и здоровья.

Поиски панацеи и эликсира продолжают и по сей день, но теперь изготовить золото из других веществ технически возможно — хотя затраты настолько астрономические, что никто никогда этого не делает. Знания современного химика о золоте на самом деле очень отличаются от понимания алхимиков, но они многим обязаны работе, проделанной этими исследователями ушедших дней.

ГЕРОН АЛЕКСАНДРИЙСКИЙ

Энергия пара была открыта задолго до промышленной революции, но ее изобретатель, Герон Александрийский, лишь вскользь подумал о том, чтобы использовать ее для управления механизмами. Вместо этого его устройство, датирующееся I в. н. э., стало диковинной игрушкой, чтобы впечатлить друзей. Герон назвал свое изобретение эолипил, что означает «шар бога ветров Эола». Шар представлял собой металлическую сферу с двумя трубами и патрубками, направленными в разные стороны. Из котла пар подавался по трубам к шару и под давлением вылетал из него через патрубки, заставляя шар крутиться. Тем не менее пройдет еще 1600 лет, прежде чем эта система действительно заставит цивилизацию вращаться.



ХИМИЧЕСКОЕ НАСЛЕДСТВО

Алхимики разработали многие методы, которые до сих пор используются в современных лабораториях, например дистилляция, фильтрация и осаждение. Большая часть терминологии, которую они использовали, остается в использовании и поныне. Твердые тела называли камнями, а более хрупкие получили наименования земли и соли. Сегодня термин «редкоземельные элементы» относится к группе элементов, среди которых неодим и эрбий, их трудно найти, но технологически они очень важны. Влажные жидкости были отнесены к воде (вероятно, в основном они и были водой). Более плотными были масла, в то время как наиболее летучие жидкости назывались духами, так как считалось, что они содержат концентрированную сущность вещества. Алхимики также сделали некоторые важные открытия, среди которых спирты и красители, а также несколько химических элементов, в том числе сера и металлы, которых не было в коротком списке элементов того времени. Большая часть этой работы происходила, когда Европа переживала так называемые темные века, однако в других странах наука стремительно развивалась.

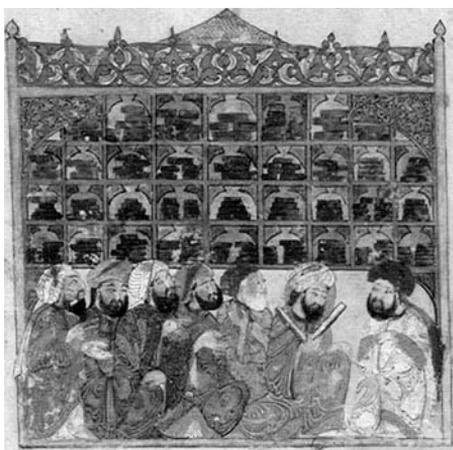


Древний алхимический аппарат.

ЗОЛОТОЙ ВЕК ИСЛАМА

Падение Римской империи, по крайней мере в Западной Европе, часто характеризуют как начало периода темных веков. В это время, как полагают некоторые, произошел один из культурных переворотов, когда с трудом выстроенная цивилизация римлян была разрушена жестокими захватчиками, которые получили контроль над их территориями. По большей части это абсолютная ерунда. Готы, вандалы и гунны, чьи имена до сих пор считаются эпитетами примитивности и кровожадности, были столь же культурными, как и римляне (ну, возможно, не гунны). Однако «тьма» эпохи обусловлена фрагментарностью исторических источников, которые до нас дошли, поэтому мы не знаем, что происходило на самом деле. Совсем не так обстояли дела на востоке, где центром процветающей исламской империи стала ее столица Багдад. Дом Мудрости этого города стал прототипом университета, и поэтому Багдад унаследовал славу Александрии (чья библиотека в значительной степени погибла в пожарах) как центра мировых знаний. За этим последовал золотой век ислама, и многие из научных открытий были сделаны учеными, жившими между Пакистаном на востоке и Атласскими горами на западе.

Среди них особого внимания заслуживают два перса, родившихся там, где сейчас находится Узбекистан: аль-Хорезми, который изобрел алгебру, и аль-Бируни, вычисливший радиус планеты Земля и предположивший, что мир настолько ве-



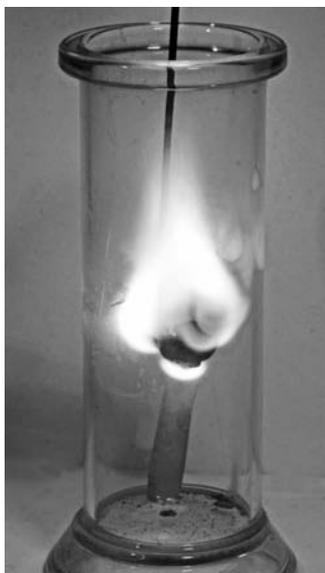
Дом Мудрости, Багдад.

лик, что, вероятно, еще будут открыты новые огромные континенты. Тем временем Ибн Рушд (он также известен как Аверроэс) из Испании рассматривал концепции ускорения, силы и инерции за 500 лет до того, как Исаак Ньютон соединил их все в законах движения.

РТУТНО-СЕРНАЯ ТЕОРИЯ

Одним из первых ученых был персидский алхимик Джабир ибн Хайян. Ко времени его рождения в VIII в. алхимики уже пришли к выводу, что в природе существует больше, чем просто четыре первичных вещества, в том числе углерод и некоторые металлы, но Джабир (его также называли латинизированным именем Гебер) больше всего интересовался ртутью и серой.

Говоря алхимическими терминами, Джабир рассматривал оба вещества как духов, поскольку они заключали в себе сущность природы. В средневе-



Горящая сера.

*Абу Муса Джабир ибн Хайян,
персидский алхимик
и отец химии.*



ковые времена сера была более известна как серный камень, что означает «камень, который горит». Это желтое твердое вещество образуется в виде корок по краям горячих бассейнов и дымящихся вулканических отверстий. При горении твердое вещество превращается в сочащуюся кроваво-красную жидкость, которая горит бледно-голубым пламенем. Жутковатое даже в лаборатории, в «диких» условиях это зрелище надолго отпечатывается в воображении тех, кто за ним наблюдает. Древние считали серный камень топливом, которое питает огни подземного мира.

Греки изначально называли ртуть «серебряной водой» (позже на латыни — *hydrargyrum*), чтобы отразить ее жидкие и металлические свойства. Получить ее можно было, нагрев темно-красный минерал киноварь. Позже в название металла вошли слова «быстрое» и «серебро», что отражало текучесть, скорость и беспорядочность движений его частиц. В английском языке свое современное название ртуть получила от имени посланника римских богов, движения которого также были стремительны и эксцентричны (как и планета Меркурий, мчащаяся сквозь наше небо).

ТАРАБАРЩИНА: ГОВОРЯ ПО-ГЕБЕРСКИ

Джабир предположил, что ртуть придает металлам блеск и ковкость. Его теория утверждала, что каждый металл — золото, свинец и так далее — также содержит различное количество серы. То или иное ее количество дает им различные качества, например благородный блеск золота. Тем не менее Джабир признает, что здесь его не следует понимать буквально. Смешивание ртути и серы не позволяет получить золото или любой другой металл. Вместо них оно приводит среди прочих эффектов к получению искусственной киновари. Итак, Джа-



Джабир ибн Хайян.

бир имеет в виду метафорическую, или философскую, сущность, которая, как он считает, воплощена в ртути и сере. Потребовалось еще несколько веков, чтобы разобраться в этих идеях, но, по сути, он пытался описать такие понятия, как «энергия» и «реактивность». Однако в соответствии со своим алхимическим опытом Джабир скрыл свои теории, записав их загадочным символическим кодом, который никто не мог понять. Непонятные письма Джабира завоевали ему вечное место в английском языке: слово «тарабарщина» — *gibberish* — происходит от его имени.

БОЛЬШЕ СМЫСЛА

В следующем столетии Абу Бакр Мухаммад ибн Закарийя аль-Рази, более известный как Разес или просто аль-Рази, привнес столь необходимую ясность в алхимию (и ряд других областей). В результате химия все еще использует арабские слова. Термин «калий», обозначающий вещество, которое легко вступает в бурную реакцию с кислотой, был заимствован из арабского *al-qaly*, что означает кальцинированный (или обожженный) пепел. Кроме того, слово «алкоголь» происходит от арабского *al kohl* — темной краски для глаз, которую использовали для макияжа со времен Древнего Египта. Это был измельченный в порошок минерал, который, как считал аль-Рази, в основной своей форме был духом вещества. То же относилось и к летучим

Современное слово «алкоголь» происходит от арабского *al kohl* — темная краска для макияжа глаз.



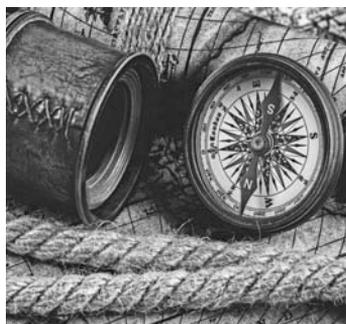
жидкостям, которые он перегонял из ферментирующих смесей. Исламское общество не употребляет алкоголь в качестве наркотического средства. Вместо этого алкоголь был мощным растворителем для растительных экстрактов и позволил создать парфюмерную индустрию, которая веками снабжала рынки на Востоке и Западе.

КОМПАС

Первыми компасами были природные магнитные минералы, богатые железом, называемые магнитной рудой. Китайцы первыми заметили, что, если оставить их свободно перемещаться, эти камни всегда будут указывать в одном и том же направлении. Китайцы называли свои компасы южными указателями — это направление, очевидно, казалось им более привлекательным. Первые южные указатели использовались еще в III в. до н. э., хотя и не для навигации, а для геомантии и для выравнивания зданий в благоприятных направлениях. Первое свидетельство о создании навигационного компаса датируется примерно 1040 г. до н. э. Он представлял собой пластинку из магнитной руды, вырезанную в форме рыбы, которая могла плавать в воде и указывать на юг. Как только в XIV в. компасы достигли Европы, они стали указывать на север.



*Китайский компас
для геомантии.*



Навигационный компас.

ВИДЕТЬ — ЗНАЧИТ ВЕРИТЬ

На заре второго тысячелетия, в 1011 г., Ибн аль-Хайсам был приглашен в Каир могущественным халифом Фатимидом. Аль-Хайсам (или Альхазен) по глупости похвастался, что он может построить плотину на реке Нил — подвиг, слишком великий даже для человека его способностей. Оказавшись под угрозой тюрьмы (или еще чего похуже) за одурачивание халифа, аль-Хайсам симулировал сумасшествие и поэтому был отпущен под домашний арест на следующие десять лет. Находясь в заключении, он заинтересовался движением света и, в част-

ПОРОХ

Порох, также называемый черным порохом, представляет собой смесь порошкообразного древесного угля (углерода), серы и селитры (нитрата калия). Он был изобретен в IX в. до н. э. китайскими алхимиками, которые, как сообщается, на самом деле искали эликсир жизни. Но нашли его полную противоположность — первое в мире взрывчатое вещество, способное сгорать самостоятельно в отсутствие воздуха или других вспомогательных веществ. Молекулы нитрата калия расщепляются, выделяя кислород, который приводит к сгоранию других двух элементов. Как только порошок загорается, он не гаснет до тех пор, пока не иссякнет топливо, и происходит это так быстро, что создается ударная волна высокого давления и тепла. Эта взрывная сила первоначально использовалась для развлечения в фейерверках, но к XIII в. черный порох стал использоваться как военная технология как в Европе, так и в Азии.



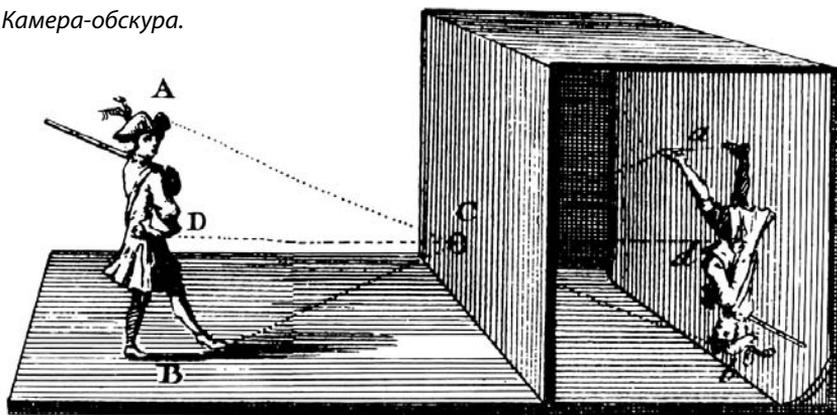


Ибн аль-Хайсам.

ности, проводил эксперименты с камерой-обскурой (буквально темной комнатой), где свет, проникая через отверстие в одной стене, создавал перевернутое изображение на противоположной стене. Аль-Хайсам предположил, что лучи света всегда движутся по прямой, и поэтому смог использовать геометрию, чтобы объяснить их движение. Это открытие сделало его основоположником оптики, а его наиболее значительным откры-

тием стало то, что зрение есть результат попадания света от солнца или другого источника, скажем от свечи, в глаз. До этого большинство ученых полагало, что глаз посылает невидимые лучи, которые сканируют окрестности наподобие своеобразной телесной радарной системы.

Камера-обскура.



КОПЕРНИК ДВИГАЕТ ЗЕМЛЮ

Работавший в середине XX в. американский философ Томас Кун придумал термин «смена парадигмы». Он использовал его для определения завершения кризиса в научном мышлении, когда абсолютный вес неизвестных загадок и противоречий в известных теориях ослаблял общепринятое научное мышление настолько, что оно переживало крах. Появился новый способ понимания природы, построенный при помощи нового набора предположений, — и парадигма изменилась.

СОЛНЦЕ ИЛИ ЗЕМЛЯ?

Величайшее изменение парадигмы всех времен и народов переместило Землю — не в прямом, а в переносном смысле — в сознании каждого человека, который жил с тех пор. Ответственен за это Николай Коперник, польский священнослужитель, увлекавшийся математикой и астрономией. В 1543 г. он предоставил доказательства того, что это Земля вращается вокруг Солнца как одна из планет, а не является (как было принято считать в то время) центральной точкой Вселенной, окруженной всеми другими наблюдаемыми объектами, включая Солнце.



Николай Коперник.

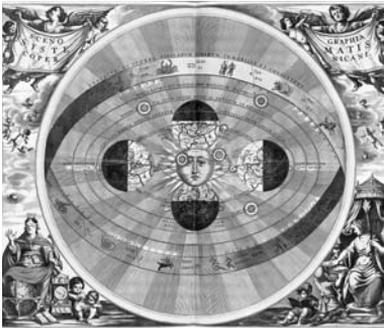


Иллюстрация гелиоцентрической системы Коперника.

Коперник не был первым, кто предложил эту гелиоцентрическую (с Солнцем в центре) модель Солнечной системы. Еще около 270 г. до н. э. Аристарх Самосский предложил ту же концепцию. В труде «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» он подробно описал относительные положения Луны, Земли и Солнца. Эти результаты позволили Аристарху предположить, что Луна и Земля находятся значительно ближе друг к другу, чем к Солнцу. Из этого следовало, что Солнце намного больше Земли (хотя его расчеты были далеко не точными), Аристарх расценивал размер Солнца как четкое указание на то, что оно образует центральную точку системы. Однако без четких доказательств идея Аристарха не смогла выдержать конкуренции с аристотелевской геоцентрической точкой зрения, которая ставила Землю в центр всего сущего.

ЧАСТЬ ДОГМЫ

Во времена Коперника (начало XVI в.) все еще главенствовала геоцентрическая модель, которая стала одним из важных компонентов философии, поддержи-



ваемой всемогущей католической церковью и сформировавшей мировоззрение ее иерархов. Вселенная Аристотеля была обновлена и уточнена Клавдием Птолемеем, греком, жившим в Александрии Египетской и обладавшим римским гражданством. Примерно в 140 г. до н. э. Птолемей опубли-

Клавдий Птолемей.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ГОМОЛОГИИ

После многих веков забвения науки о жизни пережили возрождение в XVI в. Ведущей фигурой стал французский натуралист Пьер Белон. В 1555 г. он опубликовал книгу о естественной истории птиц, но это название противоречило истинному значению его труда. Белон был увлеченным анатомом, и его подробные рисунки скелетов птиц всех форм и размеров показали нечто очевидное. Наряду с тем, что у них были общие черты с другими видами животных, скелеты птиц также имели сходство с костями человека. У всех них было в основном одинаковое количество костей, расположенных в одном и том же порядке для создания позвоночника, туловища, конечностей, черепа и челюсти. Анатомические различия — крылья вместо рук и так далее — были вызваны различиями в форме и размере костей. Белон был первым, кто осознал гомологическую природу анатомии, — это открытие легло в основу теорий того, как формы жизни связаны друг с другом, как можно их классифицировать и как они оказались на первом месте.

*Французский натуралист
Пьер Белон.*



ковал самый подробный каталог звездного неба. Работу Птолемея, известную в наше время как «Альмагест» (по-гречески название начиналось со слова «Мэгисте» — величайший, однако в средневековую Европу трактат пришел от арабских ученых, и его название трансформировалось в арабском языке в «аль-Маджисти», а затем в Европе — в «Альмагест»), трудно сегодня считать самой точной, так как она была построена на ошибочном представлении, что космические объекты перемещаются вокруг Земли.

ТИХО БРАГЕ

Одной из основных заповедей Аристотеля была уверенность в том, что небеса неизменны и совершенны. В 1572 г., через 29 лет после того, как Коперник начал перестраивать небеса, его преемник в черед величайших астрономов заметил что-то новое в небе. Звездным наблюдателем был Тихо Браге — грубый, великолепный и невероятно богатый датчанин, который вел наблюдения за небом из замка, построенного им на острове в Балтийском море. Тихо зафиксировал появление звезды, которая появилась в созвездии Кассиопеи как будто из ниоткуда и была столь же яркой, как и планета Венера. Ученым потребовалось 450 лет, чтобы выяснить, что эта звезда была сверхновой или вспышкой от взрыва, который происходит в конце эволюции гигантских звезд, когда они превращаются в нейтронную звезду или черную дыру.



Тихо отверг теорию Коперника: он сказал, что если Земля перемещается в пространстве, то и положения звезд должны слегка смещаться относительно друг друга, — как того требует звездный параллакс (на самом деле они смещаются, но расстояния настолько малы, что их смогли зафиксировать только спустя 250 лет). Тихо разработал собственную модель Вселенной, где Солнце и Луна вращались вокруг Земли, а другие планеты — вокруг Солнца.

Птолемей большую часть своих данных фактически взял из работ Гиппарха, прекрасного астронома, который работал на острове Родос во II в. до н. э. Именно Гиппарх разработал многие инновационные решения, которые помогают современным астрономам познавать небо. Он использовал систему, подобную системе долготы и широты, чтобы точно определить ме-

*Гиппарх наблюдает
за звездами.*



стоположения объектов на небе, и классифицировал каждую звезду, которую мог видеть, давая при этом оценку ее яркости — теперь эта категория известна как звездная величина.

Другим бесценным вкладом Гиппарха в развитие науки стал метод разрешения видимого несоответствия того, как движутся планеты, и того, как это соотносится с их предполагаемыми путешествиями вокруг Земли. Для наблюдателя с Земли планеты часто замедлялись, ускорялись и даже меняли направление. Чтобы объяснить это, Гиппарх разработал сложную систему, в состав которой входили колесики, размещенные внутри других колес, где планеты вращались вокруг нецентральных точек (эксцентриков) и двигались по спиральной траектории, вращаясь вокруг точки, которая сама двигалась по орбите вокруг Земли. Такая система называется эпициклом.

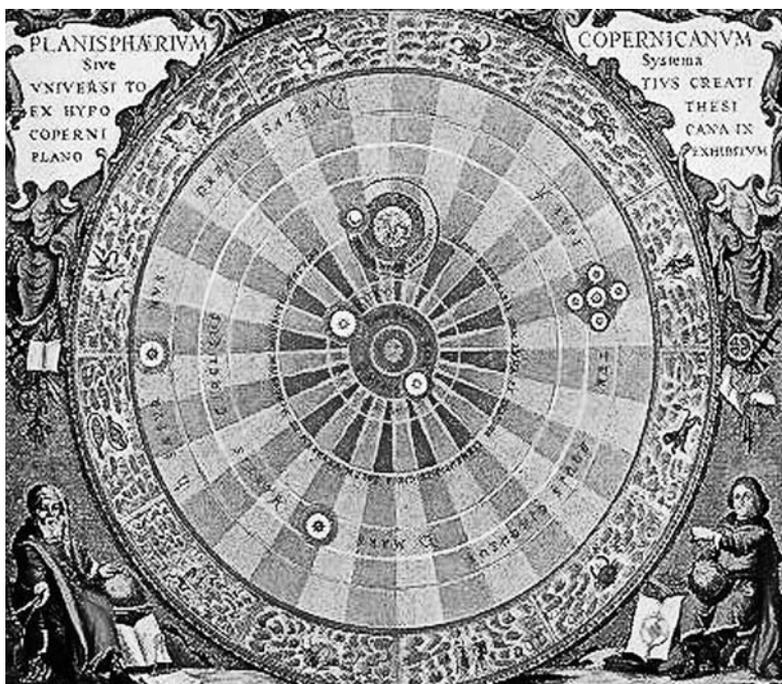
ПРИБАВЛЯЯ СЛОЖНОСТЬ

Птолемей проверил и обновил звездный каталог Гиппарха, внося корректировки в сложную систему эпициклов и эксцентриков, чтобы точно описать движение планет. Результат был едва ли работоспособным и настолько запутанным, что к XVI в. мало кто понимал его достаточно хорошо, чтобы подвергнуть сомнению. Но не Коперник.

Дядя и покровитель Коперника был «епископом князя» в северной Польше, что означает, что он был не только духовным лидером, но также и региональным правителем. В результате молодой Николай ни в чем не нуждался и получил образование в лучших учебных заведениях. Однако то, чему его учили, было несколько ограниченным. Учебная программа университета была построена на схоластике, сосредоточенной в соответствии с религиозной доктриной на очень небольшом наборе идей. Лучшее, что могли изучать студенты, выбравшие делом жизни науку, были труды Аристотеля, и подвергать сомнению этот взгляд на природу всего было совершенно недопустимо. В течение многих веков ученые пытались найти способы объяснить то, что они наблюдали в природе, с помощью predetermined системы — и к концу XV в. этот метод познания мира столкнулся с кризисом.

НОВЫЙ ВИД

Многочисленные успехи в развитии математики в сочетании с более точным оборудованием для ведения наблюдений выявили непреодолимые ошибки в птолемеевском подходе. Коперник наверняка ознакомился с такими фактами и мог подтвердить их собственными наблюдениями. Однако у него была проблема. Дядя Лукаш, который платил за все и полагался на то, что его племянник сделает карьеру и прославит доброе семейное имя, записал Николая в качестве ученика в папскую курию, на службу к папе. План состоял в том, чтобы Николай стал священником и начал расти, переходя на все более высокопоставленные должности. Поэтому, когда Коперник начал задумываться над объяснением того, что Аристотель, Птолемей и папа были абсолютно неправы в своем объяснении Вселенной (и у него были данные наблюдений, подтверждающие это),



Коперник поместил Солнце в центр Солнечной системы.

он столкнулся с гневом семьи, государства и Бога одновременно. Поэтому он молчал, делясь своими выводами только с немногими людьми, которым доверял. Так продолжалось около сорока лет, пока он работал на своего дядю и разных священнослужителей в Польше.

Только оказавшись на смертном одре в 1543 г., Коперник согласился опубликовать свои давние взгляды в книге под названием *De revolutionibus orbium coelestium* («О вращении небесных сфер»). Умерев, он оказался вне досягаемости инквизиции для преследования за еретические высказывания.

Церковь утверждала, что идеи Коперника никак не изменили физических доказательств того, что это Солнце и Луна движутся вокруг Земли, и что никто никогда не видел ничего, что не двигалось бы вокруг нее. Однако через несколько коротких десятилетий итальянский ученый Галилей изменит это.

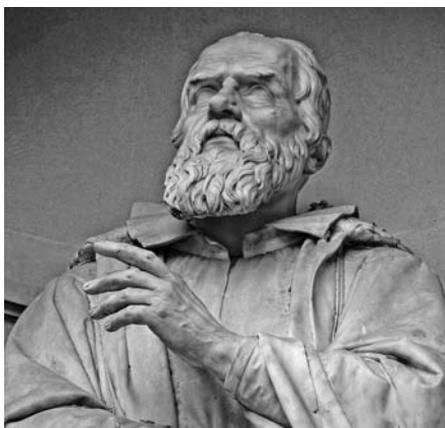
НОВЫЙ ВЗГЛЯД ГАЛИЛЕЯ

Если современная наука и начинается где-то, то точно с Галилео Галилея. Он стал первым, кто объяснил свои открытия с точки зрения математики, что не только гарантировало их обоснованность, но и обеспечило им место как составной части будущих исследований.

ЗАКОН МАЯТНИКА

Начало длинному списку открытий Галилея было положено еще в 1580-е гг., когда он учился в Пизе. Во время посещения мессы в городском соборе Галилей заметил, что церковный служитель, зажигая свечи на лампе, подвешенной над нефом, случайно толкнул ее, что привело к раскачиванию люстры. Используя свой пульс в качестве секундомера, Галилей обнаружил, что каждое движение из стороны в сторону совершалось за одинаковое количество времени, независимо от его ширины.

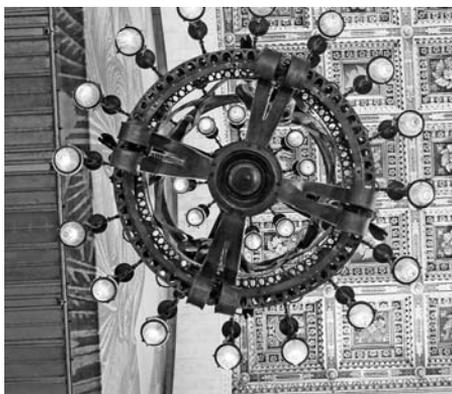
Это наблюдение легло в основу закона маятника, представленного Галилеем в 1602 г. после проведения значительно большего количества опытов. Этот закон гласит, что период (время колебания) маятника, такого, например, как люстра в соборе, определяется только его длиной. Тяжелый груз на конце маятника раскачивается с той же скоростью, что и легкий. Период колебания маятника длиной 99 см



Галилео Галилей.

*Люстра Галилея в Пизанском
кафедральном соборе.*

составляет 1 секунду, что открывает возможности для использования маятников в качестве средства измерения времени. Именно это и сделал голландский ученый Христиан Гюйгенс, когда изобрел маятниковые часы в 1656 г.



ВИДЕТЬ ДАЛЬШЕ

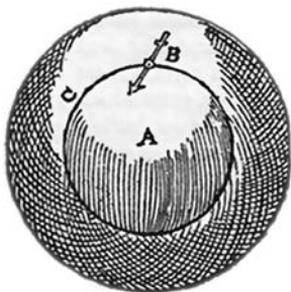
Окончив университет, Галилей устроился преподавателем в Университете Падуи. В 1608 г. Иоганн (Ханс) Липперсгей, производитель линз в далеком Мидделбурге на побережье Нидерландов, изобрел телескоп. Одна из версий этой истории утверждает, что дети Липперсгея играли с двумя линзами для очков и обнаружили, что когда они смотрят через две линзы сразу, то в них церковный шпиль, находящийся на большом расстоянии, выглядит значительно крупнее. Что бы ни было на самом деле, но телескоп Липперсгея быстро превратился в сенсацию среди ученых Европы. В следующем году Галилей построил свой собственный телескоп, заточив линзы вручную, чтобы создать трехкратное увеличение, и представил его правителям Венеции. Телескоп должен был стать ценным инструментом в этом



*Галилей демонстрирует
свой телескоп в Венеции.*

МАГНИТНАЯ ПЛАНЕТА

В 1600 г. английский ученый (и личный врач королевы Елизаветы I) Уильям Гилберт решил давнюю головоломку: почему магниты всегда указывают на север? Он пришел к выводу, что сама Земля является магнитом. Он доказал это, вырезав из магнетита модель Земли (терреллу). Когда он поместил компас на поверхность этой маленькой магнитной сферы, он вел себя точно так же, как и на поверхности Земли, доказывая тем самым, что планета является очень большой магнитной сферой.



Вопрос о природе этого магнетизма до сих пор остается загадкой, но считается, что это связано с тем, что внутреннее ядро из твердого железа вращается внутри внешнего ядра из жидкого металла.

Террелла Уильяма Гилберта.

торговом городе. Купцы смогли бы увидеть приближающиеся корабли на далеком расстоянии от порта и использовать это временное преимущество, чтобы устанавливать цены и заключать сделки до того, как товары достигнут земли. Венецианское правительство предложило Галилео гонорар за права на использование устройства.

ЗВЕЗДНЫЙ ВЕСТНИК

Тем временем Галилей построил для себя телескоп гораздо большего размера и лучшего качества, теперь уже с тридцатикратным увеличением, и направил его на звезды. То, что он увидел и описал в короткой работе под названием *Siderus Nuncius* («Звездный вестник»), произвело революцию в астрономии. Телескоп показал, что Луна сама по себе является целым миром. Галилей увидел, что терминатор (граница между светом

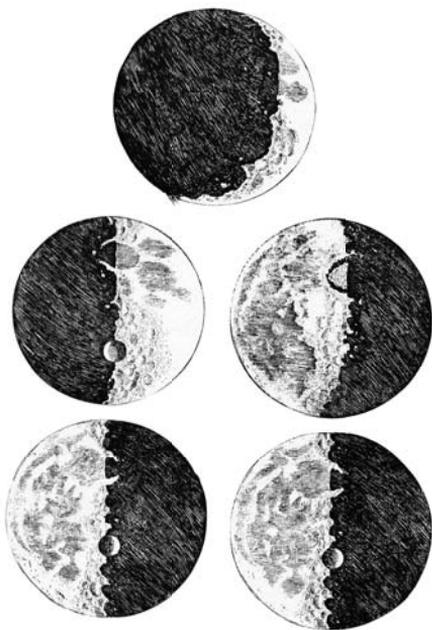
множеством звезд, что их свет сливается воедино. Он не ошибся. Млечный Путь — это видимый нам центральный балдж нашей Галактики, которая содержит в общей сложности около 200 млрд звезд.

ПЛАНЕТЫ НА ПАРАДЕ

Однако наиболее важные наблюдения Галилея касались планет. При ближайшем рассмотрении Венера, как и Луна, была видна в различных фазах. Планета освещалась солнечным светом и, по-видимому, для наблюдателя с Земли меняла форму, что является явным подтверждением коперниканской модели Вселенной. Что, возможно, было еще более важно, Галилей обнаружил четыре крошечные «звезды», перемещавшиеся вокруг Юпитера. Он назвал их звездами Медичи — кстати, вскоре его наняла на службу могущественная тосканская семья Медичи. Эти звезды стали первым очевидным доказательством того, что не все во Вселенной вращается вокруг Земли. Теперь мы

знаем их как спутников Юпитера — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

«Звездный вестник» стал причиной конфликта Галилея с католической церковью. Он получил предупреждение сохранять молчание, но в 1632 г. он все-таки опубликовал свою книгу. Ее запретили (но только до 1835 г.), а самого Галилея приговорили к домашнему аресту. В 1638 г., уже утратив



Изображения Луны из книги Галилея «Звездный вестник».

здоровье (он умер всего три года спустя), Галилей тайно пере-правил рукопись «Бесед и математических доказательств двух новых наук», где были собраны все его труды, в Нидерланды для публикации, где римская инквизиция была не так влиятельна.

ЗАКОН ПАДЕНИЯ

Две новые науки включали и закон падения тел Галилея. Его математическое открытие состояло в том, что расстояние, на которое падает объект, пропорционально квадрату времени, которое он пролетел. Предполагается, что Галилей проверил свою идею, уронив с падающей Пизанской башни два шара различной массы и обнаружив, что они «упали равномерно», то есть одновременно упали на землю. Падающие шары, как и другое падающее тело — яблоко, упавшее на голову Исааку Ньютону, — вероятно, не более чем миф, но они привели мир к нашему современному пониманию гравитации.

Галилей сбрасывает шары с Пизанской башни.



КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА

Гален был врачом, работавшим в эпоху Римской империи, и он оставался ведущим авторитетом в западной медицине около 1500 лет. Одно из его утверждений состояло в том, что кровь постоянно вырабатывается печенью, перекачивается сердцем и расходуется остальным телом. В 1628 г. английский доктор Уильям Гарвей представил альтернативный взгляд на то, как кровь движется по всему телу. Он подсчитал, что система Галена означает, что взрослому мужчине нужно производить 250 кг свежей крови в день! Исследования Гарвея, в том числе лечение солдат, раненых в бою, и вивисекция живых животных, подтвердили то, что другие уже предполагали: кровоснабжение человека осуществляется благодаря сосудам — вены приносят кровь к сердцу, а артерии уносят ее. Меньший правый круг доставляет кровь из сердца в легкие, чтобы пополниться воздухом, и, вернувшись к сердцу, проходит через левый круг, который идет вокруг тела. Эта концепция называется сегодня системой двойного кровообращения.

Уильям Гарвей вскрывает человеческое тело.



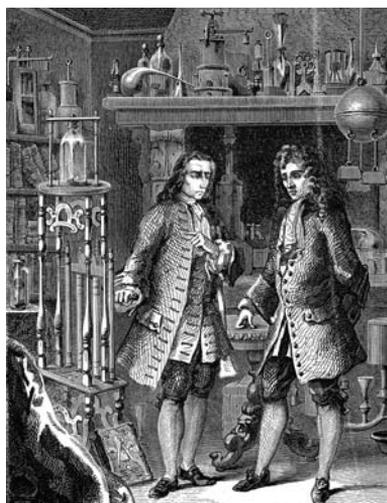
НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Наука во всем мире опирается на процесс открытия, называемый научным методом. Следуя ему, можно узнать правду или, по крайней мере, обнаружить вещи, которые в настоящее время невозможно сфальсифицировать, что в сумме дает одно и то же. Современный подход к научному методу состоит в том, чтобы наблюдать за системой и, основываясь на уже известной истине, задавать вопросы о работе этой системы. Следует задать вопрос о системе, ответ на который неизвестен, а затем, используя общепринятые знания, придумать рабочую теорию или гипотезу, которая могла бы ответить на него. Гипотеза позволяет предсказать исход события, и станет возможным проверить это предсказание, используя эксперимент. Если результаты эксперимента не подтверждают прогноз, то гипотеза неверна. Это не провал: в конце концов, можно чему-то научиться. Если эксперимент подтверждает предсказание, то гипотеза считается истинным объяснением и может быть использована для выяснения чего-то нового.

МЕТОД БЭКОНА

Это уточненная версия инструкции, впервые сформулированных английским государственным деятелем и ученым Фрэнсисом Бэконом в 1620 г. Версия Бэкона была изложена им в трактате «Новый Органон» (или «Истинные указания для истолкования природы»), предназначенном для обретения более ясного мышления. Бэкон

Роберт Бойль (слева) в своей лаборатории с Дени Папеном.





Сэр Фрэнсис Бэкон.

надеялся, что этот трактат войдет в масштабную работу под названием «Великое восстановление наук». Его план состоял в том, чтобы этот сборник всех знаний в шести частях пробудил жажду знаний, которые необходимы для решения многих проблем мира. К сожалению, Бэкон не успел завершить работу, но он, безусловно, оказал влияние на развитие знаний и научного мышления. Метод Бэкона в сочетании со строгим эмпиризмом Галилея привел к невероятному периоду открытий в XVII в. Эта научная революция создала современные области науки, на которые мы сегодня полагаемся, чтобы развивать наше понимание мироздания и технологии.

ПРИРОДА НЕ ТЕРПИТ ПУСТОТЫ

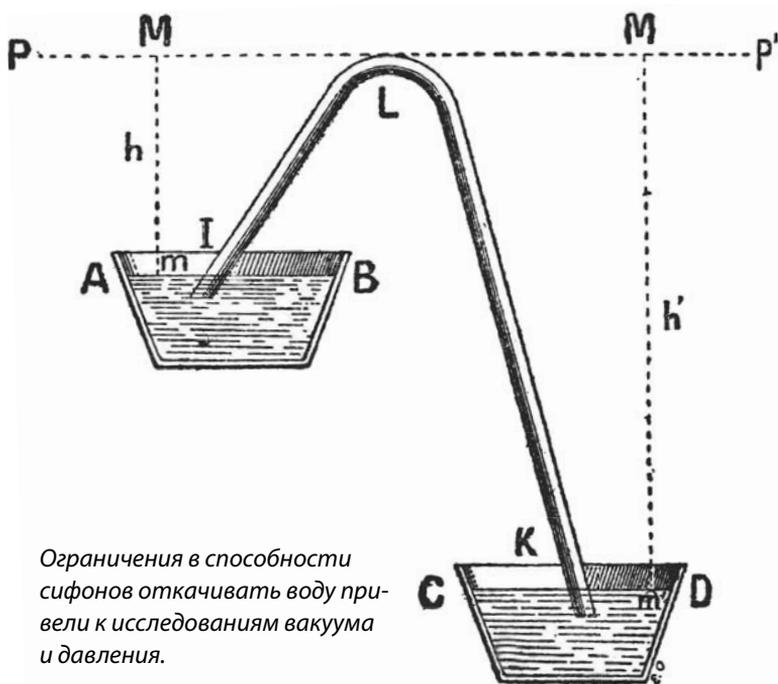
Первые достижения в физике и химии были связаны с воздухом. Такое направление исследований возникло из-за проблемы, которая поставила в тупик даже Галилея. Когда он как ученый состоял на государственной службе, его попросили помочь решить проблему с сифонами при сооружении фонтанов во Флоренции. Сифонирование — это хитрый инженерный прием, при котором вода (или любая жидкость) может течь вверх и преодолевать препятствия, если выход находится ниже точки входа. Инженеры использовали сифоны для перемещения воды, но они были ограничены подъемом воды примерно на 10 м. Инженеры написали Галилею, спрашивая, почему так происходит.

Чтобы объяснить проблему, Галилей обратился к Аристотелю. Один из многих известных афоризмов древнего философа — «природа не терпит пустоты». Если воздух или что-либо

еще было удалено из пространства, тогда воздух, или в этом случае вода, всегда будет стремиться заполнить пустоту. Таким образом, в соответствии с этой логикой, вакуум в действительности невозможен, но одна только возможность наступления вакуума создает тяговую силу, и именно она вытягивает воду через сифон. Галилей ответил, что вакуум был слишком слаб, чтобы поднять воду выше 10 м.

ПОД ДАВЛЕНИЕМ

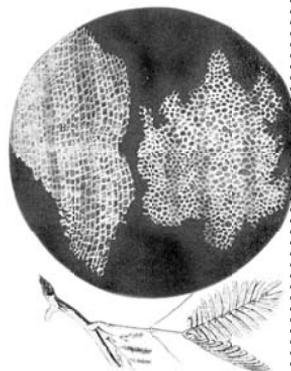
После смерти Галилея в 1642 г. его помощник Эванджелиста Торричелли решил узнать больше. Вместо строительства 10-метровой водяной колонны он создал миниатюрную модель с использованием ртути — жидкости, которая в 14 раз плотнее, чем вода. Самым сложным из экспериментов Торричелли было заполнение ртутью стеклянной трубки, закрытой



Ограничения в способности сифонов откачивать воду привели к исследованиям вакуума и давления.

РОБЕРТ ГУК

Первым помощником Роберта Бойля был талантливый исследователь Роберт Гук, который участвовал во многих великих прорывах в научной революции, но, как правило, оказывался на заднем плане. Тем не менее у Гука есть два открытия, которые принадлежат только ему. Первое — закон Гука, который связывает растяжение материала с силой, примененной к нему. Этот закон вызывает далеко идущие последствия для понимания колебаний или, вернее, осцилляций, которые присутствуют во всем — от химических связей до землетрясений. Второе открытие связано с работой Гука с микроскопами, подобными телескопам, которые делают вещи больше, чем они есть. Гук изучал все виды образцов растений и животных при помощи своего самодельного устройства. Он увидел, что кусочек пробки состоит из множества маленьких пространств, похожих на компактные жилые помещения, чуланы или клетки. Этот термин — «клетка» — мы и сегодня используем для описания строительных блоков живых организмов.



Клетки пробки Роберта Гука.

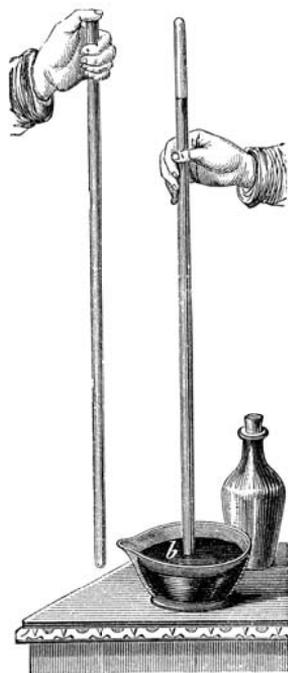
с одного конца. Открытый конец трубки затем помещали в ванну с ртутью. Система была открыта с одного конца, но в вертикальной трубке сохранялся столбик ртути. Независимо от начальной высоты трубки уровень ртути всегда падал примерно до 76 см — это в 14 раз меньше, чем 10 м водяного столба.

Пространство над ртутным столбом оставалось совершенно пустым. Может быть, это пространство было вакуумом. Если так, то что вытягивало ртуть вверх по трубке — вакуум?

Торричелли заметил, что высота столбика ртути колебалась час за часом, и это напоминало поведение термоскопа, который

*Экспериментальная установка ртутного
барометра Торричелли.*

был примитивным предком термометра. На первый взгляд, термоскоп и аппарат Торричелли выглядят очень похоже. Тем не менее трубка термоскопа содержит воздушный пузырь, захваченный внутри водяным столбом, и, в отличие от ртутной трубки, термоскоп герметичен с обоих концов. Но столбы воды внутри устройства движутся вверх и вниз, указывая на изменения температуры — или характер воздуха, как это было описано в те времена. Теплый воздух имеет более крутой нрав, поэтому он толкает толщу воды вниз, заставляя воздушный пузырь расти. Прохладные условия успокаивают воздух и пузырь сжимается, позволяя воде подняться.



ВЗВЕШИВАЯ ВОЗДУХ

Все это говорит о том, что подъем и падение уровня ртути в трубке Торричелли могут быть вызваны воздухом, только на этот раз что-то произошло за пределами системы. Сегодня устройство, которое реагирует на изменения в условиях воздуха, мы называем барометром. В частности, барометр измеряет давление воздуха и является полезным инструментом для прогнозирования погоды. Тогда же идее давления воздуха еще только предстояло быть сформулированной, и, к сожалению, Торричелли умер прежде, чем успел это сделать. Вместо него эта задача выпала на долю Блеза Паскаля, французского математика, который понял, что торричеллиеву трубку можно использовать для взвешивания воздуха.

Реализация идеи Паскаля требовала одну гору и много усилий, а парижский ученый был слишком болен для путешествий и таких трудов. В 1648 г. он убедил своего шурина Флорина Перье, который жил в Клермон-Ферране на краю Центрального

ОТКРЫТИЕ ФОСФОРА

В 1669 г., когда Роберт Бойль положил конец алхимии, немецкий волшебник был уверен, что обнаружил философский камень. Сырье Хеннига Бранда представляло собой чан с гнилой мочой, которую он выпаривал в сироп, разделенный на твердые компоненты, подвергал дистилляции, а получившуюся субстанцию прокаливал без доступа воздуха с песком и углем в течение многих часов. Результатом этих упражнений стало белое твердое вещество, которое светилось в темноте. Бранд назвал его *phosphorus mirabilis*, что на латыни означает «чудесный носитель света».



Фосфор оказался не таким волшебным материалом, как надеялся Бранд, но он открыл новый элемент и стал первым человеком в истории, который смог этого добиться.

«Алхимик, открывающий фосфор». Картина Джозефа Райта, 1771 г.

горного массива, провести эксперимент от его имени. Перье снабдили двумя ртутными барометрами. Первый он установил за пределами монастыря в городе, и рядом с ним стоял монах, чтобы проверять любые колебания высоты ртутного столбика (она не изменялась). Вторую трубку Перье сначала поставил рядом с первой и убедился, что в обеих ртутный столбик находится на одинаковой высоте. Затем он разобрал аппарат и отправился на Пюи-де-Дом, потухший вулкан неподалеку от города. По пути Перье и его команда несколько раз останавливались и собирали устройство, пока наконец не установили его на самой вершине горы. Всякий раз, когда он поднимался выше, ртутный столбик опускался на более низкий уровень.

В Париже Паскаль был в восторге от результатов, потому что эксперимент подтвердил его теорию.

Ртутный столб в трубке поднимал не вакуум. Напротив, изменения в его положении были вызваны весом воздуха, давящего на поверхность трубки. На уровне моря оно сильнее всего, по мере того, как вы поднимаетесь выше, давление воздуха снижается. В результате ртутный столбик опускается ниже.

То, что Паскаль охарактеризовал как вес воздуха, теперь более точно описывается как атмосферное давление. Давление может выполняться любым материалом на любой поверхности, и в современной физике оно определяется как величина силы, приложенной к единице площади, а единицей давления является паскаль (Па) в честь его первооткрывателя (давление воздуха



Блез Паскаль.

Флорин Перье проверяет результаты барометрического эксперимента Паскаля на вершине Пюи-де-Дом, Центральный массив, Франция.





Воздушный термоскоп: одну сторону со сферическим наконечником помещали в рот пациента, другую погружали в миску с водой. Змеевидный «термометр» был градуирован стеклянными бусинами.

также измеряется в миллибарах, особенно синоптиками: 1 миллибар равен 100 Па). Столб воды высотой 10 м оказывает такое же давление, как вся атмосфера, поднимающаяся на сотни километров

над нашими головами, и поэтому атмосферное давление недостаточно сильно, чтобы поднять воду выше 10 м. Однако это под силу машине или двигателю, использующему высокое давление для создания силы...

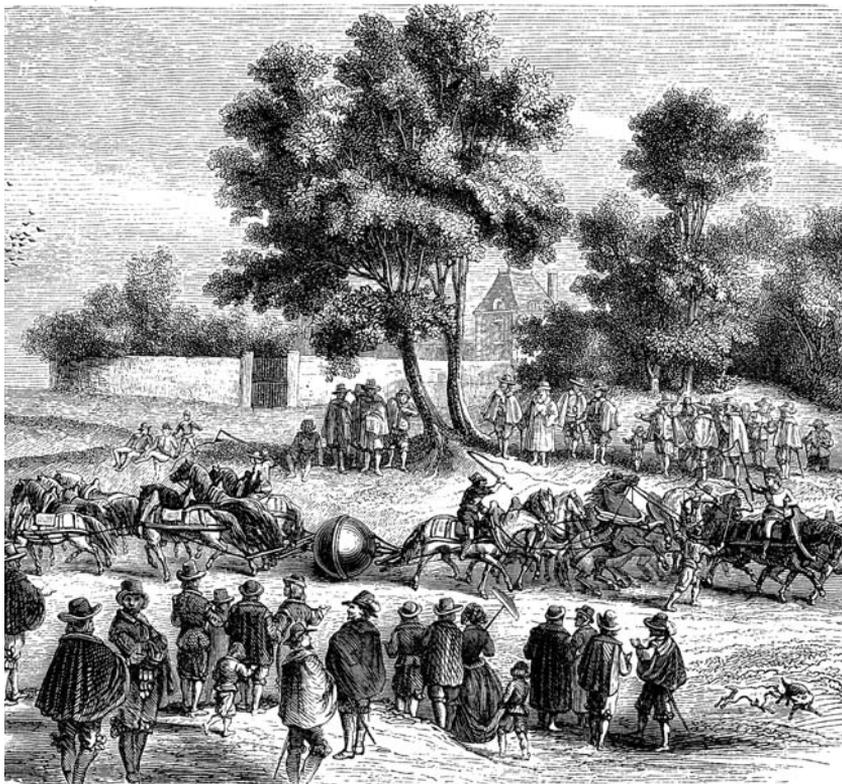
СИЛА НИЧЕГО

Два года спустя немецкий изобретатель по имени Отто фон Герике изобрел воздушный насос, который мог отсасывать воздух для создания вакуума — или, по крайней мере, создавать в замкнутом пространстве очень низкое давление. Он продемонстрировал это с помощью магдебургских полушарий, названных в честь города, где они впервые были использованы. Два чугунные полусферы очень плотно прилегали друг к другу, но никак не связаны между собой. Фон Герике откачивал воздух изнутри и показывал, что давления воздуха снаружи достаточно, чтобы крепко удерживать обе стороны вместе. В одной из самых эффектных его демонстраций две упряжки по восемь лошадей не смогли разорвать полушария.

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Таким образом, стало ясно, что воздух представляет собой вещество огромной силы, но из чего он сделан? Одним из первых, кто исследовал свойства воздуха, был ирландский ученый Роберт Бойль. Бойль был верным последователем Фрэнсиса Бэкона и обладал значительным состоянием, которое позволило ему собрать множество стеклянных приборов для экспериментов. Бойль усовершенствовал насос фон Герике (на самом деле это сделал его помощник Роберт Гук) и назвал его пневматиче-

Эксперимент с использованием магдебургских полушарий, который продемонстрировал силу атмосферного давления.



Роберт Бойль.



ским двигателем. В 1660 г. он опубликовал свою первую книгу «Новые физико-механические опыты, касающиеся упругости воздуха и его воздействий», в которой рассказывалось о том, что перо падает так же быстро, как камень, если удалить воздух вокруг него. Кроме того, звук

не проходит через кувшин, в котором был удален воздух, свечи не горят, а животные не живут долго. Многие из этого кажется очевидным и банальным, но Бойль был первым, кто систематически наблюдал и записывал свои наблюдения. В своей следующей книге «Скептический химик» (1661 г.) он развенчал магическое мышление алхимиков и объяснил, как можно исследовать вещества, используя научные методы. При этом он более или менее основал химию — какой она скоро станет.

Бойль доказал, что воздух сделан из некоей невидимой материи, но для него это было одно вещество — воздух. Идея, что существует несколько типов воздуха, или газов, только зарождалась. Тем не менее Бойль внес вклад в то, что сейчас известно как первый закон о газе, или закон Бойля — Мариотта, который гласит, что давление газа (воздуха) обратно пропорционально его объему. Другими словами, сожмите газ в половину объема, и его давление удвоится (пока температура остается неизменной). В течение следующих столетий будут добавлены другие газовые законы, и они станут ключами, которые откроют атомную природу материи.

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Сэр Исаак Ньютон — супергерой научной революции, титан, который повлиял на исследования в области физики в течение следующих 200 лет. Его законы движения и гравитации создали Вселенную, которая, как часовой механизм, была осмысленна и совершенна (по крайней мере, некоторое время), а разработанные им математические методы позволили количественно измерить природные явления, даже те, что вечно изменяются и вечно далеки от статичности.

Несмотря на то место, которое Ньютон занял в истории науки, в жизни он был живым примером своеобразного анахронизма. Пока его современники создавали механизмы и проводили эксперименты, Ньютон, как новоявленный греческий мудрец, сидел, предаваясь размышлениям. Его самым известным наблюдением было яблоко, падающее с дерева. Кроме того, Ньютон был печально известен как человек, строго хранящий свои секреты (особенно в юности), и ревнивый и жестокий в зрелом возрасте, когда он стремился защитить свои притязания на важные открытия.



Исаак Ньютон наблюдает, как яблоко падает с дерева.

Исаак Ньютон.

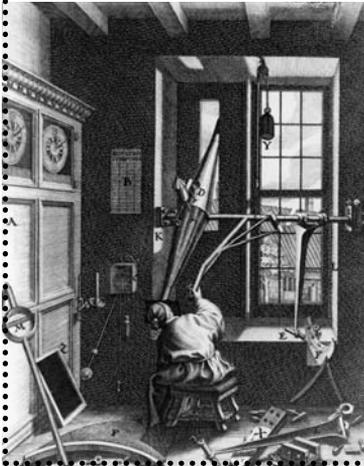


СКОРОСТЬ СВЕТА

Как сообщает история, Галилей пытался измерить скорость света, считая время задержки света от фонарей, расположенных на большом расстоянии друг от друга. Естественно, это не сработало: свет распространяется так быстро, что лучи появлялись мгновенно. В 1676 г. у датского астронома Оле Рёмера появилась идея получше. Он засекал время, которое нужно свету, чтобы добраться от Ио, первого спутника Юпитера, до Земли. Законы Кеплера давали точную

информацию о том, когда именно Ио должна появиться из-за Юпитера, однако Рёмер не видел ее в течение 10 минут после этого момента. Благодаря этим данным он рассчитал скорость света как 220 000 км в секунду. Это на 26 % ниже современного значения, но он был первым, кто провел научно обоснованные измерения.

Оле Рёмер использует телескоп.



ТАЙНЫЕ НАЧАЛА

Большая часть открытий, которые сделали Ньютона самым известным ученым, — закон всемирного тяготения и законы движения — была совершена в середине 1660-х гг., когда Ньютон, еще в возрасте двадцати с лишним лет, жил в уединении своей семейной фермы в Линкольншире. Он оставил свой пост в Кембриджском университете, чтобы спастись от эпидемии чумы, охватившей страну. Однако он более двадцати лет не публиковал результаты своей работы, пока наконец в 1687 г. не выпустил книгу «Математические начала натуральной философии»

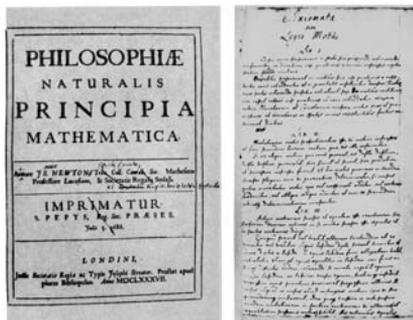
«Математические начала
натуральной философии»
Исаака Ньютона
были опубликованы в 1687 г.

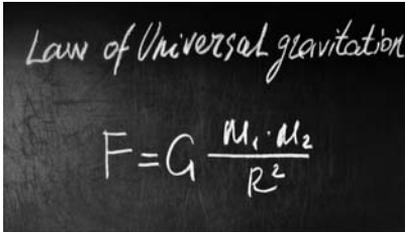
(*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), которую сведущие в математике с любовью вспоминают просто как «Начала».

История показывает, что эта книга была истинным открытием свежего мышления. Без сомнения, Ньютон был удивительным гением, но мы не должны забывать, что и другие люди приложили руку к его развитию. Некоторые работы были проделаны до того, как Ньютон обратил свое внимание на вопросы движения и гравитации, другие — в тот промежуточный период, когда он держал свои труды в секрете. Те, кто видели сходство между своими мыслями и работой Ньютона и осмеливались предположить, что они имеют право на то, чтобы разделить с ним славу за это, становились объектами самого ужасно-го обращения с его стороны.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Например, в 1684 г. Роберт Гук, на тот момент авторитетный член научного сообщества и ведущий деятель Королевского общества (английской академии наук, базирующейся в Лондоне), обсуждал с астрономом Эдмундом Галлеем и архитектором Кристофером Реном свои идеи того, как работает сила, управляющая движением планет (Галлей прославился своей работой, предсказывающей возвращение каждые 76 лет кометы, которая теперь носит его имя, а Рен был главным строителем Англии, ответственным за создание большого купола собора Святого Павла). Гук предположил, что сила действовала в соответствии с законом обратных квадратов, и утверждал, что математика должна доказать это. Положение о том, что воздействие уменьшается пропорционально квадрату расстояния, обсуждалось для ряда явлений начиная с XIV в. Гук предположил, что





Формула закона
всемирного тяготения Ньютона.

воздействие гравитации между объектами, находящимися на расстоянии 1 мили друг от друга, в четыре раза больше, чем когда они разнесены на расстояние в 2 мили (деление расстояния на два увеличивает силу в два раза, что равно четырем).

Рен и Галлей не были убеждены частичным доказательством Гука и попросили Ньютона проверить. Ньютон сказал, что он уже знал все об этом, но потерял свои бумаги. При поддержке Галлея Ньютон решил опубликовать свои выводы о механике движения на Земле и на небесах. Когда в 1687 г. Гук прочитал «Начала» Ньютона, он обвинил его в краже идей (причем не в первый раз). Ньютон объявил, что его работа предшествует менее значительным попыткам Гука (и историки с этим согласны, замечая, что любое сходство было достигнуто независимо). Ньютон также едко заметил, практически повторив знаменитые слова Бернара Шартрского, что «если я и видел дальше, то потому, что стоял на плечах гигантов». Это был злой выпад, так как предполагалось, что Гук вовсе не относится к числу титанов разума, которые внесли свой вклад в развитие идей Ньютона. Кроме того, эта острота намекала и на небольшой рост Гука, про которого говорили, что он был горбат.

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Все же Ньютон был готов признать источником своего вдохновения таких людей, как Аристотель, Кеплер и Галилей. Например, Аристотель утверждал, что объекты с большей *gravitas* — то есть весом, или весомостью, — падают на землю быстрее, чем те, что полегче. Галилей показал, что вопреки этому утверждению объекты всех размеров падают «равномерно», то есть они проходят одинаковые расстояния в одно и то же время.

Галилей также доказал, что метательные снаряды, выброшенные в воздух, движутся по параболе. Примерно в то же время Кеплер дал математическое описание того, как пла-

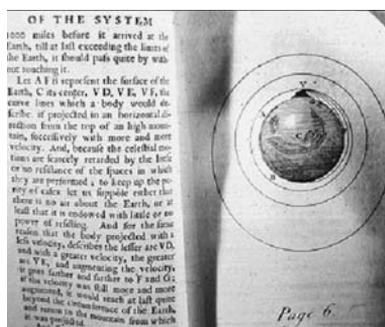
Пушечное ядро Ньютона.

неты движутся по орбите, показывая, что они следуют по эллиптической траектории. Кеплер полагал, что их удерживал некий эффект магнетизма. Именно Ньютон соединил все эти идеи вместе, разработав закон всемирного тяготения. Существует немало свидетельств, что он обрел прозрение после того, как увидел падающее с дерева яблоко. В этот момент он понял, что сила, притягивающая объекты к Земле, — это та же сила, что удерживает Луну и планеты на их орбитах.

Закон всемирного тяготения гласит, что гравитация — это всегда сила притяжения, а не отталкивания. Для всех объектов, имеющих массу, характерно наличие гравитации, которая взаимно притягивает их. Сила гравитации пропорциональна массе вовлеченных объектов, а также обратно пропорциональна квадрату расстояний между ними. Таким образом, сила тяжести массивного объекта вроде Земли намного больше, чем сила тяжести яблока — поэтому объекты притягиваются к Земле, а не к яблоку. Тем не менее ньютоновское объяснение гравитации показывает, что и Землю притягивает к падающему яблоку, но на ничтожно малое расстояние. Кроме того, с увеличением расстояния между объектами сила притяжения быстро уменьшается.

СИЛА И ДВИЖЕНИЕ

Как и все математики, Ньютон понимал, что парабола и эллипсы — это фигуры, которыми управляют одинаковые правила. Важным открытием стало то, что он рассматривал параболическое движение снаряда (например, пушечного ядра) как результат действия гравитации — так же, как и эллиптическую орбиту планеты. Разница только в скорости. Если бы пушечное ядро было выпущено высоко и с достаточно большой скоро-



ГДЕ СИДИТ ФАЗАН

Закончив к полному своему удовлетворению работу над гравитацией и движением, Ньютон перешел к другим областям, включая изучение света. В 1668 г. он представил Королевскому обществу свой проект телескопа, который для сбора света и фокусировки изображений для их увеличения использовал диагональное зеркало. Производство такого устройства было гораздо дешевле, чем телескопа, использующего только линзы, и сегодня самые большие телескопы, в том числе «Хаббл», созданы по аналогичной схеме.

Есть и еще одно открытие, за которое мы можем поблагодарить Ньютона, — определение цветового спектра, из которого состоит радуга. Ньютон с помощью призмы разложил белый солнечный свет и разделил весь спектр цветов на понятные оттенки. Шесть из них были очевидны: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый. Тем не менее он чувствовал, что число семь было бы более благоприятным и сулящим удачу (несмотря на то, что Ньютона помнят как человека науки, он был также одним из последних алхимиков, увлекался магией и сверхъестественным). Чтобы округлить спектр до семи, Ньютон изобрел новый вид темно-синего цвета — индиго, названный в честь натурального красителя родом из Индии.



Ньютон работает с преломлением света.

Телескоп-рефлектор Ньютона.



МАТАНАЛИЗ

Ньютон — один из изобретателей математического метода, который разбивает постоянно меняющееся значение на фактически бесконечный набор фиксированных значений. Этот метод позволяет анализировать поведение природных явлений, таких как волны, звук и рост. Как обычно, Ньютон ревниво охранял свои приемы, разработанные в середине 1660-х гг., и обнародовал их только после подробной публикации Готфрида Лейбница в 1684 г. Ньютон обвинил Лейбница в плагиате и начал долгий и ожесточенный спор, который разделил ученых из Великобритании и континентальной Европы на враждующие партии. Сегодня ясно, что и Ньютон, и Лейбниц изобрели математический анализ независимо друг от друга, но версия Лейбница оказалась удобнее и в итоге вытеснила ньютоновскую.

Готфрид Лейбниц.



стью, оно пролетело бы над всей планетой и вернулось бы на место, где было выпущено. При менее быстром движении ядро неизбежно упадет на Землю, а если его выпустить со значительно большей скоростью, оно вылетит за пределы влияния гравитации Земли.

Конечно, ньютоновское описание движения объектов не ограничивалось только силой тяжести. Оставался нерешенным вопрос: если крупные объекты создают большие гравитационные силы (в соответствии с законом Ньютона), то почему они не двигаются быстрее, чем меньшие (как это предполагал Аристотель)? Законы движения Ньютона (их три) обобщили всю эту тему, объясняя работу любой силы, связанной с изменением движения, — гравитации, магнетизма или обычного подталкивания.

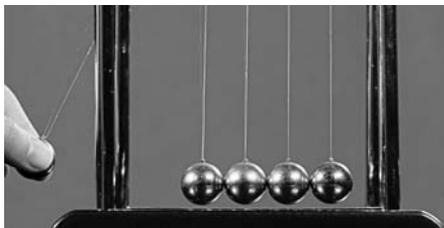
ТРИ ЗАКОНА

Первый закон гласит, что объект будет сохранять свое движение неизменным, пока на него не подействует сила. Очевидно, это означает, что вещи остаются неподвижными до тех пор, пока их не заставят двигаться, но и движущиеся объекты будут сохранять свою скорость и направление постоянными, пока не будет применена сила. Таким образом, первый закон описывает инерцию, которая является сопротивлением изменению движения, проявляемым всеми массами.

Второй закон утверждает, что ускорение тела пропорционально приложенной к нему силе. И идет дальше, используя простую формулу: Сила (F) = Масса (m) × Ускорение (a). Таким образом, одна и та же сила больше ускорит легкий объект, чем тяжелый. Чтобы заставить их двигаться с одинаковой скоростью, нужно приложить большую силу к большему объекту. Это один из способов объяснить, почему гравитация заставляет все объекты падать с одинаковой скоростью — она сильнее воздействует на более крупные объекты, но и они сопротивляются движению больше.

Первые два закона интуитивно понятны, но третий не так прост. Он утверждает, что для каждого действия есть равное и противоположное противодействие. Это означает, что, когда вы с силой (действие) толкаете объект, этот объект будет отталкивать назад с равной силой, направленной в противоположную сторону. Это инерция в действии и причина, по которой сила создает движение. Без такого эффекта силам было бы не на что воздействовать. Ньютоновское описание движения и силы работает достаточно хорошо, чтобы вывести на орбиту космический корабль или полететь на Луну. Однако это понимание природы как часового механизма не объясняет поведение света и других явлений, не имеющих массы. Чтобы разгадать

эту тайну, нам нужен Альберт Эйнштейн — возможно, единственный физик, превзошедший Ньютона.



Колыбель Ньютона.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

Силу научного метода хорошо иллюстрирует всплеск фундаментальных открытий, сделанных в XVII в. учеными во главе с Галилеем, Паскалем и Ньютоном. Когда век подошел к своему завершению, еще одним знаком того, что наука идет по правильному пути, было изобретение, описанное в книге «Друг шахтера, или двигатель для подъема воды огнем». Это был первый практичный паровой двигатель, показывающий, что наука — это не просто способ узнать правду о природе, но и путь к полезным изобретениям, которые решают проблемы, используя преимущества законов природы по мере их выявления.

Изобретатель двигателя, англичанин Томас Севери, был вдохновлен работами Роберта Бойля и особенно его помощника Дени Папена о воздухе и давлении. Француз Папен был постоянным участником исследований Бойля, касавшихся связи между давлением воздуха и объемом. Он стал известен в том числе тем, что в 1679 г. изобрел скороварку, с помощью которой продемонстрировал, что влияние температуры на пищу умножается, когда процесс происходит под высоким давлением. В 1690 г. Папен



*Старинный
паровоз.*



Дени Папен.

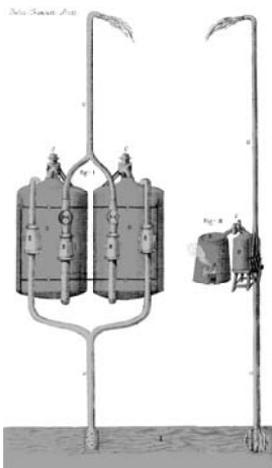
переделал свою конструкцию плиты, чтобы использовать механическую мощность расширяющегося горячего воздуха внутри нее, и в итоге создал простой поршневой двигатель.

ДРУГ ШАХТЕРА

«Огневой двигатель» Севери — это насос, изначально предназначенный для удаления воды из шахт, но позже нашедший применение (по крайней мере, на короткое время) в системах водоснабжения больших домов. В нем не использовался поршень и не было движущихся частей. Вместо этого насос работал за счет управления давлением внутри частей устройства, что позволяло давлению воздуха снаружи выталкивать воду вверх по трубам.

Процесс начинался с котла, выпускавшего горячий пар в большую камеру — «рабочий сосуд», а оттуда в трубу, откуда пар доходил до воды, которую нужно было поднять. Когда труба заполнялась, подачу пара отключали при помощи крана. Процесс не был автоматическим: все контролировал человек-оператор.

Конструкцию обливали снаружи холодной водой, и горячий пар в сосуде и трубе охлаждался. Охлаждающий пар конденсировался в воду, понижая давление внутри сосуда до частичного вакуума. Таким образом, давление воздуха, толкающее воду, заставляло ее подниматься по трубе в рабочий сосуд. Пар из котла затем выпускался обратно в сосуд, выталкивая воду внутрь и наружу из системы. Двигатель Севери потреблял тепловую энергию, выделяемую при горении топлива (в котле), и использовал ее для подъема воды.



АТМОСФЕРИЧЕСКАЯ МАШИНА

Двигатель Севери был медленным, слишком сложным в использовании, с низким уровнем мощности и склонным к частым поломкам, когда трескались чугунные

«Друг шахтера» — первый паровой двигатель.

сосуды. Тем не менее Севери получил патент на «огневой двигатель», чем закрепил за собой право собственности на любое использование водяных насосов. Это означало, что следующий изобретатель, Томас Ньюкомен, был вынужден вступить с Севери в партнерство. Атмосферическая машина Ньюкомена была более эффективной и надежной, чем у Севери. Первая паровая машина была построена на медном руднике в Корнуолле в 1712 г., и, в отличие от «друга шахтера», ее полезность была быстро признана владельцами шахт по всей Британии.

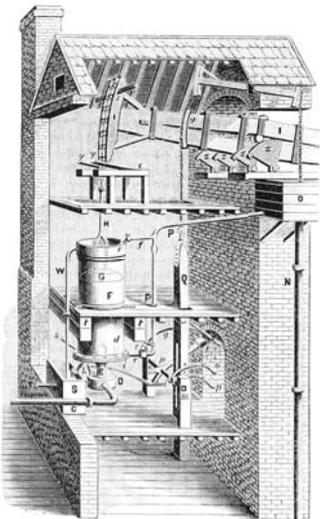
Хотя паровая машина Ньюкомена и основана на трудах Севери, она также многим обязана поршневой системе, разработанной Папеном. Папен в последующие годы постоянно развивал свои конструкции: так, он разработал колесный пароход и насосную систему, удивительно схожую с машиной Ньюкомена. К счастью (по крайней мере, для Ньюкомена), к 1712 г. Папен умер в нищете и безвестности, поэтому

ШКАЛА ФАРЕНГЕЙТА

В 1724 г. немецкий производитель инструментов изобрел температурную шкалу, которая используется до сих пор и сохраняет его имя. Даниэль Габриель Фаренгейт был опытным изготовителем приборов, и его успех был определен тем, как он усовершенствовал характеристики ртутных термометров, чтобы на них всегда можно было рассчитывать одинаковые показания. Ноль по шкале Фаренгейта (0°F) устанавливался с помощью смеси воды и солей, которая была охлаждающей, то есть при смешивании она всегда охлаждалась до одинаковой низкой температуры. Верхний предел был установлен на 96°F , что соответствует температуре человеческого тела.



Даниэль Фаренгейт с термометром.



Атмосферическая машина Ньюкомена.

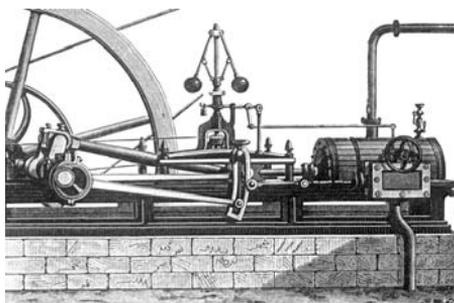
никаких споров о праве собственности на эти изобретения быть не могло.

Атмосферическая машина направляла пар высокого давления в герметичный цилиндр, и это заставляло поршень подниматься вверх, что вызывало погружение насоса в воду. Затем в цилиндр заливали холодную воду, заставляя пар внутри очень быстро конденсироваться, что снижало давление. Давление воздуха на поршень заставляло его двигаться вниз внутри цилиндра — и насос перемещался вверх (поднимая вместе с собой некоторое количество воды). Это движение поршня вниз было рабочим

ходом двигателя, который и совершал тяжелую работу по подъему насоса и воды.

ПАРОВАЯ МАШИНА УАТТА

Атмосферическая машина стала рабочей лошадкой на ранних этапах промышленной революции. Помимо откачивания воды, она могла запускать вращательное движение через коленчатый вал. Однако ее медленное и неуклюжее действие плохо подходило для решения этой задачи. В 1760-х гг. Джеймс Уатт, самый известный паровой инженер в мире, перепроектировал цилиндр двигателя так, чтобы пар мог воздействовать на



любую сторону поршня, заставляя его опускаться и подниматься. Это нововведение позволило двигателям работать намного быстрее, причем с мощностью, достаточной для привода колес и других машин.

Двигатель Уатта.

СОБИРАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Воздушный насос, изобретенный Отто фон Герике в середине 1650-х гг., лег в основу многих важных исследований, которые в конечном итоге трансформировались в современную науку о химии (как мы увидим чуть позже). Однако увлеченный немецкий новатор также запустил научное исследование электричества, создав в 1663 г. первый электростатический генератор. Одним из его компонентов был шар из серы, который в результате трения создавал загадочные искры и удары током (явление, известное Фалесу за 2000 лет до этого). Шар из твер-

ЦЕЛЬСИЙ

В 1742 г. шведский астроном Андерс Цельсий разработал новую температурную шкалу, основанную на температуре плавления и кипения воды. Цельсий был исследователем Арктики и интересовался температурами замерзания, поэтому он установил 0°C в точке кипения воды и 100°C в точке замерзания. Простота такой градусной шкалы была очевидна по сравнению с более сложной системой Фаренгейта. Вскоре шкала была перевернута: за 0°C стали принимать температуру плавления льда, а за 100°C — температуру кипения воды. Карл Линней настаивал, что он разработал такую систему раньше Цельсия и что она должна писаться $^{\circ}\text{L}$, а не $^{\circ}\text{C}$ — по начальной букве его фамилии. Но мир науки не обратил на это никакого внимания.

*Портрет Андерса Цельсия
был увековечен на шведской марке.*

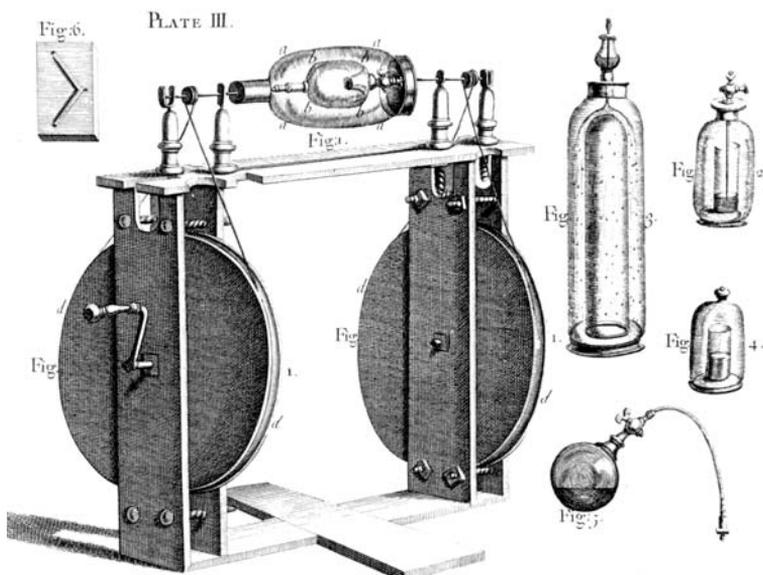


дой серы вращался вручную, и трение приводило к накоплению электричества на устройстве. Шар мог притягивать и отталкивать предметы, а также разряжаться, испуская видимые искры. В те времена такая реакция рассматривалась как свидетельство освобождения некоторой «электрической силы» от объекта.

УСТРОЙСТВО ХОКСБИ

Электростатический генератор фон Герике привлек внимание ученых всей Европы. В начале 1700-х гг. молодой производитель инструментов, работавший в Лондонском королевском обществе, начал исследовать преимущества объединения функций обоих изобретений фон Герике. Следуя предложению Исаака Ньютона, который только что принял руководство обществом, Фрэнсис Хоксби использовал воздушный насос для удаления воздуха из стеклянной сферы и использовал ее вместо серного шарика в электростатическом генераторе. Вместо того чтобы крутить устройство вручную, он проворачивал его

Электрическая машина Хоксби.



рукояткой, но обнаружил, что все же ему нужно коснуться вращающейся сферы, чтобы создать трение, необходимое для генерации заряда.

Хоксби продемонстрировал свое устройство собравшимся членам общества, настаивая на том, чтобы в зале заседаний погасили весь свет. Наэлектризованный шар светился в темноте. Хоксби обнаружил, что эффект был вызван содержанием небольшого количества ртути в стекле. (Ранее он обнаружил этот эффект в газоразрядных лампах: в них рассеянный пар испускает свет, когда через него проходит мощный электрический ток. Этот эффект характерен и для неоновых ламп, сегодня же его применяют в домашних энергосберегающих лампах.)

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ШОУ

Устройство Хоксби было намного мощнее, чем у фон Герике — и веселее. Вскоре появились новые артисты, которых называли «электриками», они устраивали представления в знатных домах Европы. Артисты по-разному применяли электростатические силы — например, поджигали предметы с искрами или даже предлагали «электрические поцелуи», когда женщину-добровольца заряжали электричеством на устройстве Хоксби. Затем галантный мужчина должен был подойти к ней для поцелуя только для того, чтобы обнаружить, что между их губами буквально проскакивают искры!

ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ

В 1720-х гг. лондонский учитель Стивен Грей начал демонстрировать «электрическую силу» на уроках. Он использовал полую стеклянную трубку, протирая ее тканью, чтобы создать статиче-



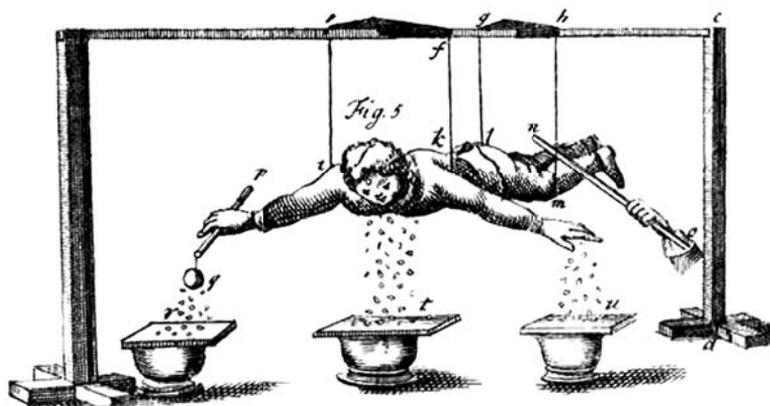
Электрический поцелуй.



Грей проводил электричество по длинной пеньковой веревке, подвешенной над землей.

ский заряд. Грей заметил, что, хотя он только протирал стекло, пробки, используемые для герметизации трубки на обоих концах, также были заряжены электричеством — и поэтому притягивали пыль и перья. Должно быть, «электрическая сила» способна перетекать от одного объекта к другому, подумал Грей и решил провести серию испытаний. Свежее маслянистое дерево, казалось, пропускало электричество, как и слоновая кость, и металлические провода. Грей даже посылал его по пеньковой веревке длиной 24 м с шариком из слоновой кости на одном конце. Прикосновение заряженной стеклянной трубки к другому концу приводило к тому, что шар из слоновой кости оживал благодаря наэлектризованности, так что к нему начали прилипать легкие предметы. Грей заметил, что этот эффект исчезает, если какая-либо из пеньковых веревок касается земли, или, как сказал Грей,

«Летающий мальчик» — эксперимент Грея, показывающий проводимость электричества.



«заземляется». Поэтому он повесил шнур из шелковых нитей. Он назвал шелк изолятором, потому что тот блокировал передачу тока, а пеньку, металл и слоновую кость — проводниками, поскольку они пропускали электричество.

Грей иллюстрировал свое открытие при помощи эксперимента с пеньковыми веревками, в котором была немалая доля театральности и который остался в истории под названием «Летающий мальчик». Один из учеников Грея при помощи шелковых шнуров подвешивался над землей на доске, так что он был полностью изолирован. Грей использовал свою стеклянную палочку, чтобы зарядить ноги мальчика, что приводило к тому, что руки мальчика заряжались электричеством, так что могли притягивать латунные обрезки с пола без прикосновения к ним — как по волшебству.

ДВА ПОТОКА

Конечно, Хоксби, Грей или любой другой их современник не использовали слово «заряд». Услышав о работе Грея, французский ученый Шарль Франсуа де Систерне Дюфе приступил к дальнейшим исследованиям в области электричества. Он утверждал, что существует два разных типа электричества, которые он называл «потоками». Сера, янтарь и им подобные вещества производили «смоляное» электричество, а стекло — «стеклянное». Объекты, заполненные одинаковыми потоками, отталкивают друг друга, а те, что содержат разные потоки, — притягиваются. Следовательно, правило «противоположности притягиваются, сходства отталкиваются» было близко к истине.

ХРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Если электричество — это поток или жидкость, то можно ли его хранить в бутылке или банке? В 1745 г. немецкий ученый Эвальд Юрген фон Клейст попытался сделать именно это. Он выложил вну-



Шарль Франсуа де Систерне Дюфе.



Лейденская банка.

тренную часть стеклянной банки серебряной фольгой и добавил немного воды. Затем он подключил фольгу к электростатическому генератору, исходя из того, что он «наполнит» бутылку электрической жидкостью, смешав ее с водой. Того, что он предполагал, не произошло, но, коснувшись фольги, фон Клейст получил опасный удар током, который швырнул его через

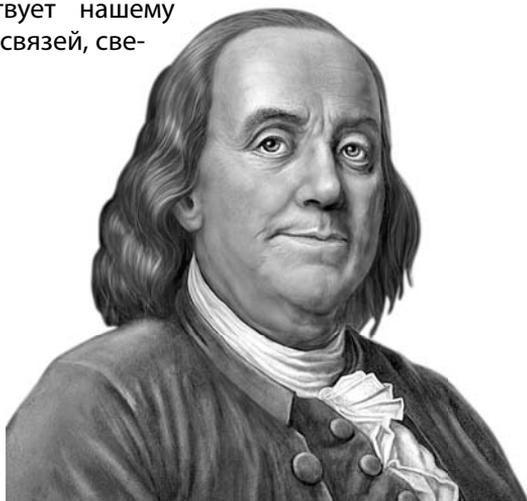
всю комнату. Он выжил, а его банка стала способом хранения электричества. Вскоре после этого голландец Питер ван Мушенбрук, изобретатель и знакомый фон Клейста, соорудил подобное устройство и показал его ученым из Лейденского университета. Университет располагался в голландском городе Лейден, и с этого момента устройство стало известно как лейденская банка. Сегодня мы понимаем, что это своего рода конденсатор, в котором электрический заряд накапливается за счет разделения двух проводников (такие хранилища очень часто используются в современных бытовых электрических устройствах — например, сенсорные экраны разработаны на основе конденсаторной технологии). В окончательной конструкции лейденской банки использовалось три контейнера — два металлических (проводники) и один стеклянный (изолятор). Меньший металлический контейнер прорезался внутри стеклянного контейнера, который, в свою очередь, плотно сидел внутри большого металлического сосуда.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Внутренний металлический контейнер получал «электрический поток» от генератора, но это работало только в том случае, если наружный металлический контейнер был заземлен — часто благодаря тому, что его держал исследователь. Когда вну-

тренний и внешний контейнеры были соединены, электричество вытекало как искра.

Теория Дюфе с двумя потоками не давала адекватного объяснения принципов работы лейденской банки. Необходимость заземления банки означала, что электричество двигалось через внешний проводящий слой. Как стеклянное электричество могло течь внутрь, в то время как смоляное заполняло пространство во внешнем слое? Американский исследователь Бенджамин Франклин наиболее известен тем, что предложил эксперимент по зарядке лейденской банки молнией с помощью воздушного змея, который бы перенес металлическую проволоку в грозовое облако. Это было очень опасно, и он, скорее всего, никогда не проводил такого эксперимента, а те, кто на него решался, часто умирали в процессе. Однако его более значительный вклад в науку заключался в формулировании теории однопотокового электричества. Его идея состояла в том, чтобы объяснить электричество как недостаток или избыток одного вещества. Он реклассифицировал стеклянное электричество как объект, положительно заряженный (то есть заполненный) электрической жидкостью, а смоляное электричество как отрицательно заряженный объект, который освобождается от потока. Сегодня электрический заряд — одно из фундаментальных свойств вещества, и его исследование способствует нашему пониманию химических связей, света и субатомных частиц.



Бенджамин Франклин.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИЗНИ

Аристотель не только заложил основы для развития науки о физике, по крайней мере на тысячелетие, он также стал основателем биологии. Самый значительный вклад он внес в области таксономии — направления, которое предусматривает упорядоченную организацию огромного разнообразия жизни на Земле путем распределения разных растений и животных по различным группам.

ТИПИЗАЦИЯ

Будучи сыном врача, Аристотель хорошо разбирался в анатомических особенностях человека, его строении и функциях, и во время своих путешествий он использовал эти знания и при изучении других форм жизни. Его естественным стремлением было желание разделить живой мир в соответствии с его анатомическими и функциональными различиями, и поэтому он разбил его на две части — растения и животные. Животные были далее разделены на тех, у которых была красная горячая кровь, и тех, у кого ее не было, — во всяком случае, не было той красной жидкости, которую искал Аристотель. Затем он сгруппировал животных, которые выглядели похоже, в группы, которые назвал *genera* (в единственном числе — *genus*). Это слово широко переводится как «род», но более конкретно означает «того же происхождения», и от этого корня произошли, например, слова «жанр», «гендер», «генезис», «генетический». Современная таксономия, начало которой было положено в 1750-х гг., также использует классификацию Аристотеля по родам, хотя и в гораздо более определенной форме.

GENERA

В классификации Аристотеля все животные с красной кровью были разделены на пять родов. К первому роду относились четвероногие животные, которые рожали своих детенышей, и большинство этих живых существ мы сегодня называем мле-

Дельфины — морские млекопитающие.



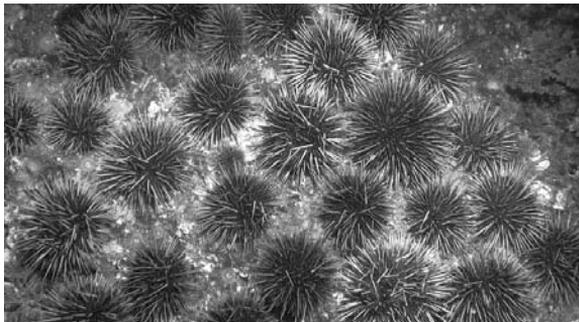
копитающими. Во вторую группу входили птицы, третья объединяла четвероногих животных, которые откладывают яйца, что отправляло в одну группу и рептилий, и земноводных. Четвертый и пятый рода — рыба и киты. Аристотель правильно понимал, что дельфины и киты не были рыбой, но он также и не считал их млекопитающими («дельфин» в переводе с греческого буквально означает «рыба из утробы»).

«БЕСКРОВНЫЕ» ЖИВОТНЫЕ

Он сгруппировал «бескровных» животных так:

- головоногие — например, осьминоги и каракатицы;
- многоногие морские животные — крабы и креветки;
- многоногие наземные животные — все насекомые, пауки и другие ползунки;
- животные с раковинами, в том числе моллюски и морские ежи (благодаря его оригинальному описанию

Морские ежи — родственники морских звезд.



структура рта морского ежа до сих пор называется аристотелевым фонарем);

- «животные-растения», куда входили медузы и анемоны.

Аристотель рассматривал природу как континуум, который начинался с безжизненной земли и камней, проходил через растения, «растения-животные», затем через животных и заканчивался человеческим родом. Эта иерархическая точка зрения в течение долгого времени была главным наследием Аристотеля в биологии, и, хотя она не имеет никакого научного основания, ее все еще трудно отбросить даже сегодня.

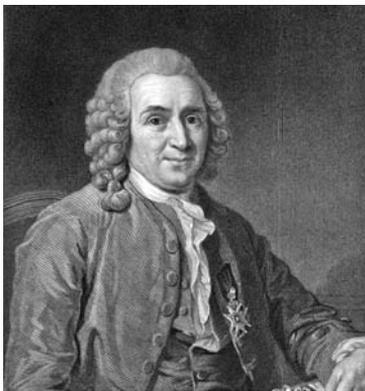
АНАТОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Современная таксономия возникла благодаря работам Карла Линнея. Он был шведом, чей отец-священнослужитель, некий господин Ингемарссон, взял себе латинизированную фамилию, а в детстве Карл говорил дома в основном на латыни. Карл занялся гербаризацией растений и обнаружил, что его смущает широкий диапазон названий, используемых для одного и того же растения. Поэтому он разработал надежную систему присвоения живым существам однозначного имени, которое можно было понять во всем мире, и собирался использовать для этого латынь. Эта система, теперь известная как номенклатура Линнея, или биномиальная номенклатура, дает каждому организму два имени. Первое — родовое название, относящееся к роду или более широкой группировке организма. Например, большие кошки, такие как львы и тигры, относятся к роду *Panthera*. Каждый член рода получил отдельное имя, которое обозначает его уникальный вид. Итак, лев — это *Panthera leo*, а тигр — это *Panthera tigris*.

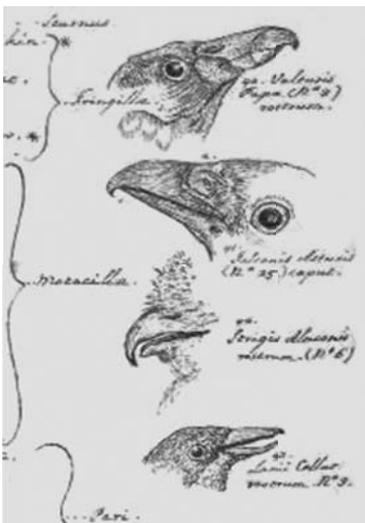
Линней начал работать над этой идеей в 1730-х гг. и, подобно Аристотелю до него, группировал организмы в соответствии с их анатомическими особенностями. Он расширил свою классификацию в иерархию. Каждый организм принадлежит к виду, который, в свою очередь, является частью рода. Затем роды группируются в семейства, которые вписываются в отряды, затем в классы, а затем в типы. Так, в качестве иллюстрации, лев, *Panthera leo*, принадлежит к семейству кошачьих (*Felidae*), отряду хищных (*Carnivora*), классу млекопитающих (*Mammalia*) и типу хордовых (*Chordata*).

Последней группой Линней было царство, и он делил природный мир на три царства: минеральное (*Mineralia*), растительное (*Plantae*) и животное (*Animalia*). К 1753 г. Линней усовершенствовал систему царства растений, а к 1758 г. царство животных было включено в десятое издание его книги «Система природы».

Линнеевская система таксонов, или классификаций, используется и сегодня. Царства были расширены, к ним добавились *Bacteria* (бактерии), *Protista* (сложные одноклеточные), *Fungi* (грибы, Линней считал их растениями) и *Archaea* (археи), которые являются очень примитивными, возможно, самыми примитивными живыми формами, подобными бактериям. Однако современные таксономисты при классификации видов никогда не полагаются на анатомические особенности, потому что они могут вводить в заблуждение. Вместо этого они предпочитают сравнивать генетический состав видов, чтобы выяснить, что к чему относится. Они также смотрят на то, как организмы развиваются на этапе эмбриона. Этот точный путь развития — лучший показатель того, как большие группы, типы, связаны друг с другом.



Карл Линней.



Страница из книги Линнея «Система природы».

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ХИМИКИ

Со времен зарождения натурфилософии предполагалось, что воздух представляет собой единую субстанцию, один из тех элементов, из которых состоят все остальные вещества. Исследования Роберта Бойля об «источнике воздуха» считаются основополагающим событием в истории химии, когда научный метод начал вытеснять фокусы алхимии. Тем не менее первый ключ к пониманию того, что воздух на самом деле — более сложная материя, чем казалось до этого, был обнаружен за 50 лет до Бойля Яном Баптистой ван Гельмонтом, мистиком и алхимиком из Фландрии. Ван Гельмонт считал, что воздух и вода — единственные два элемента, огонь не является веществом, а землю можно превратить в воду и воздух (во всяком случае, так он утверждал). Это мнение обязано частично тому эксперименту, который он провел с выращиванием ивы. В течение пяти лет ван Гельмонт растил дерево в бочке, отмечая вес почвы и дерева и записывая, сколько воды он добавил в течение недель и месяцев. Дерево набрало около 70 кг, а вес почвы не изменился вообще. Ван Гельмонт пришел к выводу, что растения превращают воду в древесину и другие ткани тела.



ХАОТИЧЕСКИЙ ДУХ

Когда древесина медленно обжигается, она превращается в древесный уголь — этот процесс был доведен до совершенства еще до бронзового века. Ван Гельмонт заметил, что после того, как уголь сгорает, его пепел весит меньше, чем

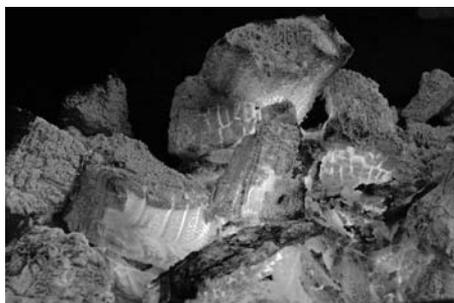
Ян Баптиста ван Гельмонт.

ДОЛГОТА

В 1707 г. Королевский военно-морской флот Великобритании столкнулся с ужасной катастрофой: целая флотилия потерпела крушение из-за навигационной ошибки, в результате погибло 1400 моряков. В то время не было точного метода определения долготы — местоположения на востоке или западе земного шара. Парламент Великобритании организовал конкурс с солидной наградой за решение этой проблемы, чтобы побудить новаторов его найти. Судьи были уверены, что разобраться с этим может только астроном, и были чрезвычайно поражены, когда часовщик Джон Гаррисон представил свой метод. Для каждого 15 градусов долготы время, измеренное в полдень, когда солнце достигло своего наивысшего положения, изменялось на один час. Поэтому, если вам было известно время в одном месте, например в Лондоне, вы всегда могли выяснить, на сколько градусов восточнее или западнее находитесь. Маятниковые часы плохо работали на борту плывущего корабля, но Гаррисон сконструировал пружинные часы, которые прекрасно справлялись с этой задачей. Гаррисону понадобилось немало лет — до 1773 г., — чтобы довести работу до совершенства, убедить военно-морской флот в том, что его концепция работает, и получить премию. Такой морской хронометр по-прежнему остается ценным инструментом на борту любого корабля.



Хронометр Гаррисона.



Ван Гельмонт пришел к выводу, что потерей веса пепел обязан *spiritis sylvestris* — лесному духу.

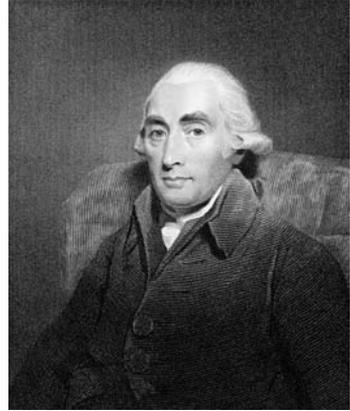
исходный материал. Он пришел к выводу, что недостающий вес принадлежал *spiritis sylvestris* — лесному духу, который сбежал из топлива.

Этот дух был агентом хаоса, который ван Гельмонт, говорящий на голландском языке, записал как *gahst* — теперь это слово упрощено до газа. Этот вклад, пусть сумбурный и неясный, делает ван Гельмонта первым «химиком-пневматиком», или исследователем газа. Пневматическая химия была ключевой областью исследований на ранних этапах развития химии, но настоящему прогрессу пришлось подождать еще не одно столетие.

СВЯЗАННЫЙ ВОЗДУХ

В 1750 г. шотландский студент-медик Джозеф Блэк проводил исследования в поисках лекарства от камней в почках. Он знал, что атаковать маленькие твердые комочки можно при помощи всех видов химикатов, но они слишком вредны, чтобы их можно было использовать в качестве лекарства. Вместо этого он решил исследовать воздействие слабой щелочи, белого порошка, известного как белая магнезия. Она не дала желаемого эффекта, но Блэк заметил, что ее применение привело к небольшому ослаблению кишечника. Он продолжил исследования, отметив, что при смешивании с маслом купороса (серной кислотой) магнезия испускала пузырьки газа, что он считал воздухом. Но если он сначала нагревал порошок, то кислота никак на него не влияла. Нагревание также не оказало видимого воздействия на белый порошок, но Блэк обнаружил, что теперь порошок стал легче. Значит, из него выделилось что-то невидимое. Блэк смог добиться такого же снижения веса, смешав новую порцию белой магнезии с кислотой. То же невидимое вещество, что и при нагревании, было выделено под воздействием кислоты.

Джозеф Блэк.



Блэк отделил выпускаемый газ и обнаружил, что он может снова соединить его с оставшимся порошком, получив снова белую магнезию. Он назвал таинственное вещество «свя-
занным воздухом», потому что его можно собрать твердыми кристаллами, а затем снова выпустить. Блэк

СКРЫТОЕ ТЕПЛО

Другим направлением исследований Джозефа Блэка было изучение тепла. Ему было любопытно, почему ледяной снег может засыпать Эдинбург за считанные часы, но ему требовались дни, чтобы растаять. Блэк сравнил время, за которое кусок льда тает и нагревается до комнатной температуры, и время, за которое замерзает такое же количество воды. Он обнаружил, что льду понадобилось в 21 раз больше времени. Блэк описал эту разницу как скрытое тепло, которое необходимо для превращения льда в жидкую воду, но не для ее нагрева. Теперь известно, что скрытое тепло разрушает связи между молекулами воды во льду и во время этого процесса нет тепла, которое могло бы нагреть воду, поэтому температура остается в точке заморзания.

*Лед тает медленно
даже в теплую погоду.*



обнаружил, что связанный воздух выдыхают животные, он высвобождается при брожении пива и при нагревании некоторых веществ, например таких, как известь. Связанный воздух — это то же самое, что и *spiritis sylvestris* ван Гельмонта. Сегодня мы называем его углекислым газом, но это стало известно после еще нескольких открытий в пневматической химии.

ГОРЮЧИЙ ВОЗДУХ

Следующий «воздух» был обнаружен Генри Кавендишем, молодым членом Королевского общества в Лондоне. Он смешал железные опилки с сильными кислотами и получил совсем другой вид «воздуха», который, в отличие от связанного воздуха, не гасил пламя, а легко сгорал, часто со скрипучим звуком. Кавендиш заметил, что внутри стеклянных банок нередко образуются капли воды после того, как он поджигал этот новооткрытый газ, но списал этот факт на простое загрязнение стекла. Кавендиш объявил о своих открытиях в 1766 г. и назвал невидимое вещество без запаха и вкуса «горючим воздухом».

В то время главным объяснением огня и тепла была теория флогистона. Она утверждала, что что-то сгорает, поскольку выпускает рассеянную, невидимую, но все же довольно липкую и медленно движущуюся жидкость, называемую флогистоном. Это объясняло, почему некоторые вещества теряют в весе после сжигания или нагрева, но не поясняло, почему другие становятся тяжелее. Несмотря на недостатки, теория флогистона была хорошо разработанной концепцией в XVIII в., и Кавендиш предположил, что «горючий воздух» может быть чистым флогистоном.



Генри Кавендиш.

ФЛОГИСТИРОВАННЫЙ ВОЗДУХ

Через шесть лет после открытия «горючего воздуха» шотландский студент-медик Даниель Резерфорд обнаружил воздух, который был ему противоположен. Он работал над теорией, что воздух, которым мы дышим, представляет собой смесь хороших и плохих веществ. «Хороший» воздух поддерживает жизнь (и горит), «плохой» — нет. Он изолировал часть воздуха и запустил мышь, которая за счет дыхания откачала немалую долю «хорошего» воздуха. Он знал, что мышь умрет, когда «хорошего» воздуха останется немного. После этого он зажег свечу и дал ей догореть, пока она не погасла, использовав остатки «хорошего» воздуха. Оставшийся воздух Резерфорд пропустил через известковую воду, которая задержала связанный воздух. Он, считал Резерфорд, был источником «плохого» воздуха, так что удаление должно было сделать воздух «хорошим» снова. Однако этот воздух был безжизненным и, казалось, вообще ничего не делал. Резерфорд назвал его флогистированным воздухом, чтобы подчеркнуть смысл своей теории, что этот воздух насытился флогистоном и благодаря этому стал инертным.



*Даниель
Резерфорд.*

БЕСФЛОГИСТОННЫЙ ВОЗДУХ

Примерно в то же время священнику-диссентеру, противнику англиканской церкви Джозефу Пристли, с химическими экспериментами везет больше, чем с организацией молитвенных собраний. Ему удалось растворить связанный воздух в воде, и он обнаружил, что получил весьма освежающий газированный напиток. Пристли назвал его газированной водой. Благодаря своему открытию он стал членом Королевского общества и обрел знакомство с самыми богатыми семьями Британии того времени. (Немецкий ювелир Иоганн Якоб Швепп предпочел

ФОТОСИНТЕЗ

У Антуана Лавуазье был аппарат, который показал, что вдох и выдох воздуха осуществляются по тому же принципу, что и горение. По сравнению с тем составом, который вдыхается, наружу выходит меньше кислорода и больше углекислого газа. Когда голландский доктор Ян Ингенгоус приехал в гости к Джозефу Пристли в Бауд-Хаус, он обнаружил еще один жизненный процесс, который столь же важен и представляет собой полную противоположность дыханию. Он доказал, что растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Сегодня этот процесс понимается как часть фотосинтеза, когда растение использует энергию солнечного света для превращения углекислого газа и воды в углеводы, необходимые для выживания. Кислород — побочный продукт процесса, так что без фотосинтеза в атмосфере Земли не было бы чистого кислорода, который позволяет нам (и всем другим животным) дышать.

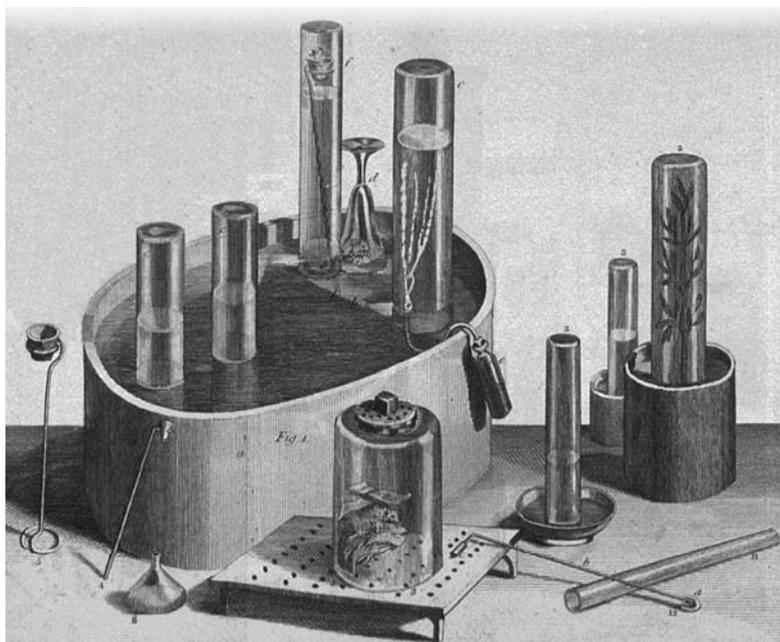
*Солнечный свет
необходим для фотосинтеза.*



другой подход: он сделал из открытой Пристли газированной воды продукт для массового рынка напитков, который носит его имя и по сей день.)

Пристли получил место секретаря графа Шелберна, и в Бауд-Хаусе, усадьбе графа, ему выделили лабораторию для проведения дальнейших экспериментов. Он ис-

Джозеф Пристли.



Оборудование, которое Пристли использовал в ходе своих экспериментов на газах, 1775 г.

следовал воздух, испускаемый духом нитра (известен сегодня как азотная кислота). Когда этот невидимый азотистый воздух смешивался с воздухом, он самопроизвольно образовывал густой красно-коричневый туман, а объем газа уменьшался на одну пятую. Пристли сказал, что это был «хороший», или бесфлогистонный, воздух, если говорить языком тех времен, который смог вобрать флогистон и таким образом поддерживать горение (и жизнь). Однако Пристли не смог получить чистый образец этого бесфлогистонного воздуха. В конце концов он обнаружил его случайно, нагревая оранжевый ртутьсодержащий минерал, который при нагревании разлагался до чистой ртути. Пристли обнаружил, что при этом он выделяет чистый образец его бесфлогистонного воздуха. Это вещество заставляло пламя гореть ярче, и «спящие» существа, оставленные задыхаться под стеклянным колоколом, оживали.

ВО ФРАНЦИЮ

Как только Пристли обнародовал свое открытие, его пригласили в Париж на встречу с Антуаном Лавуазье. Лавуазье был чрезвычайно богатым французским аристократом и ведущим химиком своего поколения, который потратил состояние на оборудование крупнейшей и лучшей лаборатории в мире. В ходе своего предыдущего эксперимента Лавуазье использовал огромные линзы из прозрачного уксуса, помещенного внутри изогнутого стеклянного сосуда, чтобы сфокусировать горячие лучи солнца на алмазе, чистой кристаллической форме углерода. Алмаз настолько раскалился, что сгорел и превратился в связанный воздух. Лавуазье был уверен, что это объединило его с бесфлогистонным воздухом Пристли, и ничто не может гореть без него.

Лавуазье смог доказать, что смешивание бесфлогистонного и горючего воздуха приводит к образованию воды. Вода, как и воздух, вовсе не была простым элементом. Лавуазье правильно предположил, что эти два воздуха были совершенно новыми веществами. Он составил обновленный список элементов, которые назвал «простыми веществами». В список вошли углерод, сера, ртуть и другие металлы, известные с древности. Он добавил новые газы, назвав один кислородом (порождающий кислоту), другой — водородом (создающий воду). Название для кислорода было дано в результате ошибочного предположения Лавуазье, что кислород — это элемент, работающий в составе кислот. На самом деле это водород, но термин приклеился. Бесфлогистонный воздух он назвал азотом, что в пере-



воде с греческого означает «безжизненный», но многие предпочитают его латинское название — *nitrogenium* (нитроген), что означает «рождающий селитру» (селитра, или нитрат аммония, входит в состав пороха).

Список элементов Лавуазье неуклонно расширялся, и через 25 лет изучения смесей воздуха (к тому времени уже известных как газы) он поможет доказать существование атомов.

Антуан Лавуазье в своей лаборатории.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ

До 1780-х гг. электричество рассматривалось в основном как статическое явление — невидимое силовое поле, которое накапливается вокруг заряженного объекта, притягивает и отталкивает предметы в равной мере. Опыты Стивена Грея показали, что заряд можно сместить, а лейденская банка прекрасно продемонстрировала, что его можно собирать и хранить.

ПРЫГАЮЩИЕ МОНАХИ

В 1746 г. французский священник и физик Жан-Антуан Nolle проиллюстрировал обе эти концепции в действии в ходе одного из самых бесшабашных научных экспериментов в истории. Используя свое влияние священнослужителя, он собрал 200 монахов и поставил их в цепь, которая образовала, по сообщениям, круг длиной 1,6 км. Каждый монах был соединен со своим соседом коротким металлическим проводом. Известно, знали ли они, что будет дальше. Nolle подсоединил первого монаха



Жан-Антуан Нолле.

Появление искры вызвано прохождением электрического тока между двумя проводками.



к заряженной лейденской банке и наблюдал, как монахи подпрыгивали от изумления, получая удар током. Нолле задавался вопросом, будет ли визг от боли проходить вдоль цепи с измеряемой скоростью, но обнаружил, что электричество перемещалось вдоль линии из святых людей так быстро, что все они, казалось, испытывали шок в одно и то же время. Похоже, электричество двигалось очень быстро.

ВВЕРХ, ВВЕРХ И ПРОЧЬ

Крайне редко люди вспоминают о том, что летательные аппараты были созданы еще до эффективных автомобилей. Первый экипаж взлетел в 1783 г. на воздушном шаре, сделанном братьями Монгольфье, французами, которые в обычной своей жизни были владельцами бумажной фабрики. Этот шар высотой 23 м, оклеенный лакированной тафтой, поднялся вверх, потому что был наполнен горячим воздухом, который занял больше места, чем такое же количество холодного воздуха. Поэтому воздушный шар поплыл вверх как пробка в воде. Через несколько месяцев французский ученый и изобретатель Жак Александр Сезар Шарль полетел на воздушном шаре, наполненном водородом (который получил свое название незадолго до этого). Этот газ — наименее плотное вещество среди известных нам, и он в 13 раз легче воздуха.

Шарля также помнят по открытому им закону о газе — закону Шарля (по аналогии с законом Бойля — Мариотта). Закон Шарля гласит, что при постоянном объеме давление идеального газа прямо пропорционально его температуре — и именно на этот принцип полагались братья Монгольфье, конструируя свой воздушный шар.



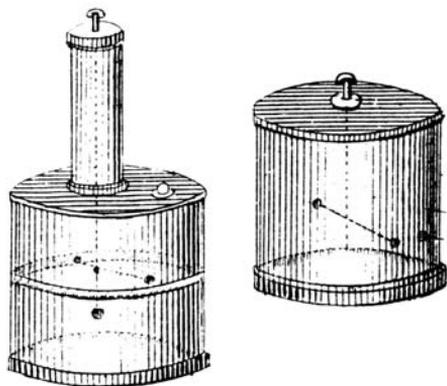
Шар братьев Монгольфье — первый воздушный шар, наполненный горячим воздухом, который был использован на практике.

ЭЛЕКТРОСКОП

Несколько лет спустя Нолле создал электроскоп — устройство для обнаружения электричества. Он не был первым, и его электроскоп работал так же, как и более ранние версии: металлический указатель двигался к источнику заряда или от него. Но и электроскоп Нолле, и другие аналогичные устройства трудно назвать надежными приборами для сравнения величины электрических эффектов, измерение электричества оказалось трудным делом. В 1777 г. французский ученый Шарль Огюстен де Кулон построил более точное устройство — крутильные весы, в которых стержень мог двигаться свободно, как стрелка компаса. Его движению препятствовала скрученная пружина, поэтому большие силы приводили к небольшим движениям. Это устройство позволяло выявлять любые различия в величинах одной силы по сравнению с другой.

К 1785 г. Кулон смог использовать свое устройство, чтобы установить взаимосвязь между электрическими силами и зарядом, которая теперь известна как закон Кулона. Закон говорит о том, что модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме прямо пропорционален произведению модулей этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.

В наши дни физики измеряют электрический заряд в единицах, называемых кулонами: один кулон (1 Кл) — это заряд в примерно 6,2 квинтиллионов электронов. Кулон — не очень распространенная электрическая единица, поскольку она не измеряет заряд в движении или в токе. Электричество, которое мы используем в современном мире, находится в постоянном движении и измеряется различными способами.



Крутильные весы Кулона.

ЖИВОТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Первые доказательства существования электрического тока пришли из самого неожиданного места. В 1780 г. Луиджи Гальвани, доктор и профессор анатомии Болонского университета,



Гальвани демонстрирует «животное электричество» с помощью лягушки.



рассекал мышцы и нервы в лапках лягушки и случайно сделал открытие. Когда он с помощью латунных крючков повесил на чугунные перила только что отделенные лапки, чтобы слить кровь из них, он с удивлением увидел, что они дергаются, как будто оживая. Гальвани воссоздал эту установку, поставив металлическую арку, на одном конце которой было железо, а на другом — медь. Прикосновение этой дуги к любому концу лапки заставляло мышцы сокращаться. Гальвани создал первую электрическую цепь, где электрический заряд протекал через ткань лягушки и обратно вокруг металлического разъема.

Гальвани утверждал, что это «животное электричество» — продукт жизненной силы, которая пронизывает все живые существа и при этом производит заряд, но не так, как устройства Хоксби. Связь между жизнью и электричеством, особенно в нервах и мышцах, действительно имеет решающее значение. Это наглядно продемонстрировал Джованни Альдини (племянник Гальвани) в ходе своих гастролей по

С помощью электричества Джованни Альдини заставлял двигаться мертвые тела.

Европе. Он показывал жуткие шоу с «оживлением» трупов, даже тел недавно казненных, используя электричество из лейденских банок. Возможно, рассказы об этих ужасных демонстрациях в 1818 г. вдохновили Мэри Шелли написать свою историю о монстре, который ожил с помощью электричества, — чудовище Франкенштейна.

ХИМИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Однако идея, что животное электричество представляет собой особое явление, не связанное с уже известными проявлениями электричества, не пришлась по душе некоторым ученым, особенно итальянцу Алессандро Вольта. Он правильно предположил, что ключевыми элементами примитивной электрической цепи Гальвани были металлы, а не лягушачьи лапки. В 1799 г. он создал совершенно безжизненную версию такой цепи, поместив пластины из цинка и меди в кислоту и разделив каждую пару тампоном из древесной массы, пропитанной соленой водой. Металлические диски были вместо дугового соединителя Гальвани, а лягушачьи лапки заменила соленая влажная масса.

Когда Вольта соединил верхнюю часть своего столба с дном, он смог получить электрические искры и продемонстрировать мощные электрические силы. Устройство, ставшее известным как гальванический элемент, было первым примером электрической батареи. (Термин «батарея» придумал Бенджамин Франклин, который сравнил набор лейденских банок, собранный для подачи большого заряда, с артиллерийской батареей из пушек.)

РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ

Так что же происходило с лягушачьими лапками Гальвани и вольтовым столбом? В понимании того времени электрическая жидкость перемещалась из меди в другой металл (использовались железо или цинк) через соленую среду в тканях



Алессандро Вольта.

ВЫМИРАНИЕ

Окаменелости были предметом спора биологов и натуралистов. Что они собой представляли? Одни утверждали, что это уловки Бога для проверки веры, другие говорили, что это монстры, уничтоженные на ранней мифической фазе нашей истории. Третьи задавались вопросом, почему Бог сотворил жизнь только для того, чтобы уничтожить ее, — и предполагали, что это были древние останки животных, которые все еще живут сегодня. В 1796 г. французский анатом Жорж Кювье доказал, что окаменелости слоноподобных существ принадлежат не таким же животным, как современные слоны. Вместо этого они представляли собой другой вид со значительно отличающейся формой черепа, скелета и зубов. Окаменелости были веским доказательством того, что животные и даже целые виды могут



полностью вымереть. Кювье полагал, что исчезновения стали результатом Всемирного потопы, описанного в Библии, и предположил, что в истории Земли происходила целая серия таких катастроф. Были также ученые, которые придерживались более широкого взгляда на историю и замечали, что вымирание — свидетельство того, что со временем жизнь может изменяться и развиваться.

Жорж Кювье.

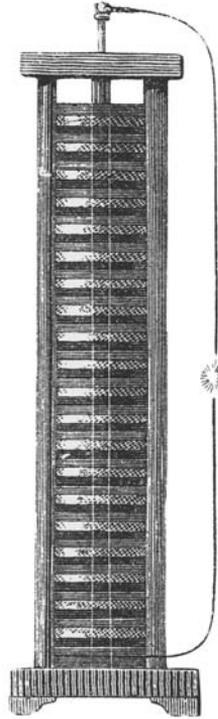
животных и в древесной массе. Такое движение электричества создавало избыток заряда в одном металле и его недостаток в другом. Заряд всегда перемещается из области избытка в область с недостатком заряда, чтобы снова выровнять положение вещей, поэтому разность зарядов приводит к тому, что «жидкость» снова движется от цинка (или железа) к меди. Тем не

Вольтов столб.

менее этот процесс не выравнивает заряд, потому что относительные химические свойства каждого металла означают, что цинк притягивает заряд сильнее, чем медь. Поэтому существует постоянная разность потенциалов между двумя металлами, что означает, что заряд всегда будет течь между ними — или, по крайней мере, пока не закончатся химические вещества, способствующие протеканию этого процесса.

Эта концепция разности потенциалов лежит в основе электрического тока. Возможно, она более знакома нам как напряжение, которое является мерой силы, проталкивающей заряд по цепи. Единица измерения напряжения названа в честь Вольты. Гальвани увековечен термином «гальванизация», так называют метод нанесения тонкого слоя металла на другой металл (например, так можно наносить позолоту).

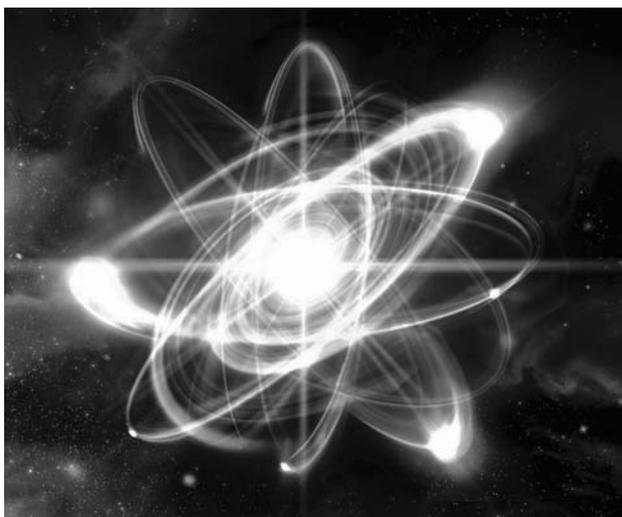
Сегодня мы понимаем, что заряд переносится с помощью частиц на атомном и субатомном уровнях, например с помощью электронов, но пройдет целое столетие после трудов Алессандро Вольты, прежде чем люди начнут изучать объекты меньше атома. А в то время даже сама идея атома все еще была предметом споров — хотя этот вопрос будет решен уже очень скоро.



АТОМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ

На рубеже XIX в. работы пневматических химиков уничтожили последние остатки науки классической эпохи. Ни один из четырех элементов — земля, вода, воздух и огонь, — которые закладывали основы мышления на протяжении более двух тысяч лет, на деле не оказался простым веществом. Список элементов неуклонно разрастался, в него пришлось включить и только что открытые металлы: ванадий, титан и уран.

Чтобы понять, что такое элемент, был разработан новый набор правил, определение, которое в значительной степени остается актуальным и сегодня: элемент — это вещество, которое нельзя разделить на более простые составляющие. Элементы могут объединяться, составляя сложное вещество или сплав. Так получается совершенно новое вещество, которое часто совсем не похоже на свои составные ингредиенты. Например, было доказано, что водород и кислород, два легко воспламеняющихся и невидимых газа, объединяясь, образуют воду — жидкость, которая вообще не может гореть.

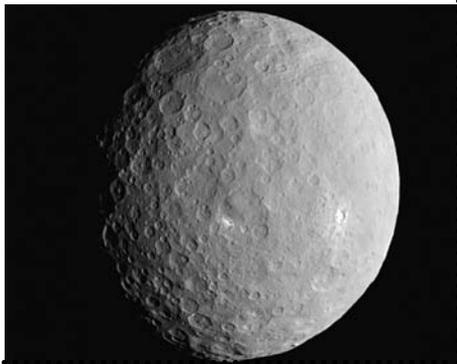


Атом — это совокупность более мелких субатомных частиц.

АСТЕРОИДЫ

После 1781 г., когда Уильям Гершель открыл шестую планету Солнечной системы Уран, некоторые астрономы сравнили расстояния между планетами и обнаружили большое пространство между Марсом и Юпитером. Команда наблюдателей буквально в стиле «Звездной полиции» разделила небо на участки, чтобы прочесать пространство и найти новую планету, которая прячется где-то в этом разрыве. Один из них, Джузеппе Пиацци, 1 января 1801 г. что-то заметил. Он наблюдал за объектом 24 дня, и траектория его движения подсказывала, что это была планета, а не комета. Затем астроном потерял из виду этот объект, который он назвал Церерой, и тот пропал. «Звездная полиция» попросила помощи у молодого немца Карла Гаусса, который вскоре будет признан величайшим математиком своего поколения. Тот использовал скудные данные Пиацци, чтобы наметить, где появится Церера, когда она облетит Солнце. Астрономы вновь увидели Цереру в последний день 1801 г. Дальнейшее наблюдение показало, что Церера была слишком мала, чтобы считаться полноценной планетой (ее диаметр примерно равен ширине Испании), и поэтому она была отнесена к астероидам. Вскоре в промежутке между Марсом и Юпитером были найдены крупные астероиды. Сегодня этот регион называется поясом астероидов, и в нем находится 50 000 зарегистрированных космических тел, крупнейшим из которых является Церера. В 2006 г., когда было уточнено понятие «планета», Церера была отнесена к карликовым планетам.

*Карликовая планета
Церера.*



СОХРАНЕНИЕ МАССЫ

Многие алхимики основывали свои соображения на трансмутации, которая позволяла одним элементам преобразовываться в другие. Обычно один или два элемента считались доминирующими, и, конечно, алхимики больше всего интересовались превращением других элементов в золото.

Еще одним вкладом Лавуазье в развитие химии стал закон сохранения массы. (Хотя до XIX в. он не дожил: его казнило на гильотине в 1794 г. новое революционное правительство Франции за тесные связи с ненавистным старым порядком.) Согласно ему, при вступлении элементов в реакцию количество вещества до нее равно количеству вещества после реакции. Таким образом, общая масса кислорода и водорода всегда соответствует массе воды, которая получается после их реакции.

Это верно и для обратного течения реакции — например, вода может быть снова разделена на водород и кислород, хотя такое разделение и потребует много энергии. Сами же элементы в ходе реакции всегда сохраняют свою целостность. Лавуазье, как и многие химики до него, подозревал, что это возможно. В 1803 г. ученый и преподаватель Джон Дальтон, увлекавшийся метеорологическими наблюдениями, смог это подтвердить. Его открытие забило последний гвоздь в крышку гроба классической теории элементов, но оно же воскресило другую древнюю теорию о том, что все в природе состоит из атомов.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПУНКТЫ

Идея атомов была предложена Левкиппом и Демокритом еще в V в. до н. э., но только как философская концепция, без фактических доказательств. Эта ситуация сохранялась сотни лет, хотя многие ученые, от Бойля до Ньютона и Лавуазье, использовали концепцию атомов (также называемых корпускулами), чтобы проиллюстрировать свои теории о природе материи, тепла и других явлений.



Антуан Лавуазье.

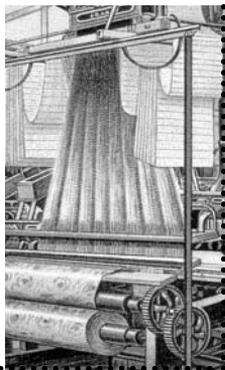
В 1730-х гг. Даниил Бернулли пересмотрел идею атомов с математической точки зрения и разработал чисто гипотетическую систему, которая объясняла поведение воздуха с учетом того, что он представляет собой совокупность отдельных точек материи, каждая из которых бесконечно мала и находится в постоянном движении по собственной траектории. Эта модель газа наглядно показала, как невидимая рассеянная материя может оказывать давление на твердую поверхность, такую, например,



Даниил Бернулли.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В 1804 г. французский ткач Жозеф Мари Жаккар изобрел ткацкий станок, который мог выпускать ткань с изысканным рисунком — при этом все операции выполнялись автоматически и намного быстрее, чем вручную. Узор создавался с помощью раздельного управления движениями каждой нити или их небольшой группы. Указания были закодированы в длинной ленте картонок, в которых были проделаны отверстия, вырезанные по определенной схеме. Когда карточки пропускались через ткацкий станок, каждая лунка соответствовала необходимой нити. Станок не был компьютером, но эти штампованные картонки (перфокарты) по сути стали первыми программами. Если заменить один набор картонок на другой, то ткацкий станок произведет новый образец ткани. Перфокарты использовались для ввода данных и программ в ранних механических компьютерах и цифровых устройствах в 1950-х и 1960-х гг.



Ткацкий станок Жаккара.

как внутренняя часть сосуда, наполненного газом. (Эта модель также могла бы помочь понять, почему температура газа пропорциональна его давлению, то есть почему горячие газы оказывают более мощное давление, чем холодные. Это соотношение описано третьим законом о газе (законом Гей-Люссака), но причина связи не будет выяснена до 1840-х гг.)

ЗАКОН ДАЛЬТОНА

Ученый-самоучка Джон Дальтон, который жил и работал в Солфорде (неподалеку от английского города Манчестер), смог объединить эти разные способы понимания материи. В 1803 г. он изложил свои мысли в первом наброске современной теории атома. Однако его путь к этой работе начался еще в 1780-х гг., когда в молодости он начал вести кропотливый учет метеорологических наблюдений. (Метеорология изучает вовсе не метеоры, но носит это название, потому что древние греки полагали, что падающие звезды были такими же атмосферными явлениями, как гром и молния.) Ежедневные измерения Дальтона включали атмосферное давление, которое было индикатором изменений погоды со времен Торричелли. Пытаясь предсказать погоду, Дальтон увлекся фундаментальным изучением воздуха.

К этому времени он уже знал, что воздух — это смесь азота и кислорода (был в его данных еще 1 % вещества в составе воздуха, который постоянно противоречил этому определению, но ученые того времени игнорировали эту «погрешность».



Только позже выяснилось, что этот 1 % — это аргон, один из благородных, или инертных, газов наряду с гелием и неона). Дальтону также были известны газовые законы, которые описывали связь между давлением, объемом и температурой газа. Прин-

Джон Дальтон.

ДЭВИ И ЭЛЕКТРОЛИЗ

Вольтова дуга предложила ученым новый инструмент. Уже было известно, что мощный заряд из лейденской банки можно использовать для запуска химических реакций в обратном направлении — процесса, называемого электролизом, то есть «расщеплением с помощью электричества». В 1807 г. молодой английский ученый Гемфри Дэви построил в подвале новейшего лондонского научного центра — Королевского института — самую большую вольтову дугу из когда-либо созданных. Затем он использовал мощное течение тока для исследования давно известных веществ, таких как едкий калий и сода. Эти два вещества были включены в списки простых элементов Лавуазье и Дальтона, однако Дэви обнаружил, что под воздействием электричества они оба превращаются в жидкие металлы и быстро загораются. Едкий калий произвел металл, который горел фиолетовым пламенем, а сода дала оранжевое пламя. Дэви открыл металлы калий и натрий, которые обладают высокой способностью к реакции. Затем он также выделил магний, кальций, бор и барий, став одним из самых плодовитых первооткрывателей элементов в истории.

Сэр Гемфри Дэви.



ципы этих законов были одинаково актуальны как для воздуха (смеси газов), так и для чистого образца одного газа. Дальтон логично предположил, что общее давление воздуха составлено из «парциальных давлений», создаваемых различными газами. Эту идею помнят сегодня как закон Дальтона.

Следуя этой взаимосвязи между смешанными газами, Дальтон смог объяснить, что каждый газ действует независимо от других. Когда в емкость добавляются два газа в равных про-

порциях, они распределяются так, чтобы заполнить ее равномерно. В каждой точке поверхности контейнера половина давления оказывалась одним газом, вторая половина — другим. И этот результат был всегда верен независимо от состава газовой смеси.

ПРОПОРЦИИ И КОМБИНАЦИИ

Исходя из физических наблюдений за газами, Дальтон провел ряд химических опытов над ними. Он запускал реакции с определенным заранее количеством вещества, например реакцию водорода с кислородом, углерода (в виде древесного угля) с кислородом, — и обнаружил, что они всегда объединяются в фиксированных пропорциях.

Еще одним вкладом Дальтона была теория того, что у каждого газа был свой определенный вес. Он, конечно, знал, что водород намного легче кислорода или азота, но открытые им фиксированные пропорции позволили ему более точно вычислить относительный вес каждого элемента.

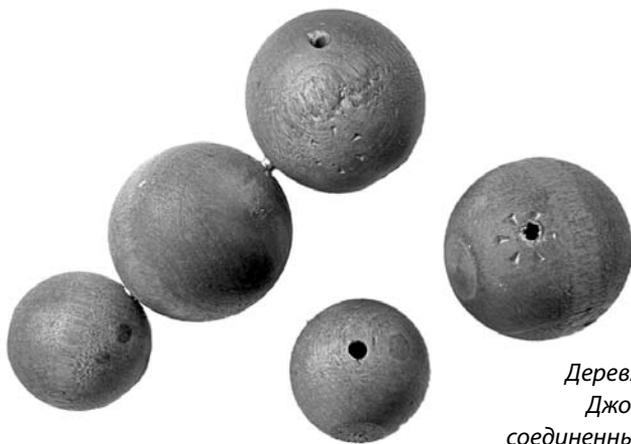
Фреска в ратуше Манчестера, изображающая Джона Дальтона за сбором болотного газа.



АТОМЫ ВОЗВРАЩАЮТСЯ

Обдумывая результаты своих экспериментов (парциальное давление, даже в смесях газов, точные пропорции веществ в реакциях и относительный вес газов и других элементов), Дальтон пришел к выводу, что все элементы состоят из невидимых мелких частиц — тех самых атомов, существование которых предполагали древние греки. Атомы одного элемента идентичны друг другу, но отличаются от атомов других элементов.

Дальтон предположил, что во время реакции атомы разных элементов соединяются вместе, образуя связку определенной формы. Для подобной структуры уже был подходящий термин — «молекула», — который первоначально обозначал крошечное количество вещества, но в итоге стал использоваться для названия наименьшей возможной структуры соединения. Закон пропорций Дальтона подсказал ему, что атом каждого элемента может иметь определенное количество связей с другими атомами. Чтобы понять, как из атомов образуются молекулы, он сделал маленькие деревянные шарики, которые можно было соединять палочками. Некоторые его сведения о конкретных элементах были неверными, но этот общий взгляд на атомы и молекулы стал очень мощным шагом для развития науки. Он привел к следующему очень важному вопросу: что в атоме одного элемента отличает его от атома других элементов?



*Деревянные атомы
Джона Дальтона,
соединенные в молекулы.*

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТА

В начале XIX в. были две ведущие теории о составе света. Исламский ученый Ибн аль-Хайсам заложил основу оптики на заре XI в., используя геометрическое понимание света как пучка лучей, движущихся по прямым линиям и испускаемых солнцем, свечами или другими источниками света. Глаз создает образ из любых лучей, которые попадают в него либо напрямую, либо отражаясь от объекта. Концепция аль-Хайсама объясняет, как свет отражается от поверхностей. Исходящий луч (от солнца или другого источника света) движется под определенным углом к поверхности. Этот угол измеряется от воображаемой линии — нормали, — которая перпендикулярна поверхности. После того, как свет попадает на поверхность, он формирует отраженный луч, который удаляется под тем же углом, что и падающий, только на другой стороне от нормали.

ПРЕЛОМЛЯЯ СВЕТ

Другие оптические явления, например преломление света, можно описать похожим образом. В результате преломления луч света слегка отклоняется при движении из одной прозрачной среды (например, воздуха) в другую (например, воду). Этим объясняется распространенное оптическое явление, когда объект, рассматриваемый через обе среды, кажется

смещенным относительно своего настоящего места. Рене Декарт, французский философ, математик и абсолютный гений, работавший в начале XVII в., правильно предположил, что преломление света связано с различием в скорости, с которой свет проходит через каждую среду. (Быстрее всего свет движется в вакууме, и, как известно, ничто не может



Оптическая рефракция.

быть быстрее него. Однако он немного замедляется при прохождении через воздух, стекло, воду и так далее — и для каждой из этих сред существует определенная скорость света.)

КОРПУСКУЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ

В 1660-х гг. Исаак Ньютон предположил, что лучи света представляют собой потоки крошечных твердых частиц — или корпускул, как их называли в те времена. Он был не первым, кто озвучил эту идею, но он внес в нее существенное дополнение: по его теории, корпускулы отскакивают от поверхности

ЛАМАРКИЗМ

За 50 лет до появления дарвиновской теории эволюции путем естественного отбора французский ученый Жан-Батист Ламарк уже предложил теорию, объясняющую, как животные и растения могут меняться со временем. Ламаркизм утверждал, что организмы меняются, потому что в течение жизни они приобретают некоторые характеристики, которые потом передают потомству. Классическим примером является жираф, который эволюционировал благодаря тому, что многие поколения жирафов тянулись к листьям, недоступным для других животных. Это движение делало их шею длиннее, и дети-жирафы рождались с все более длинными шеями. Дарвин сделал простое, но мрачное замечание: у некоторых жирафов шеи более длинные, чем у других — и те, кому не повезло родиться с короткой шеей, были обречены на смерть.



*Изображение жирафа
на гравюре XIX в.*

ЧИСЛО АВОГАДРО

В 1811 г. Амедео Авогадро заметил, что так как давление, температура и объем газа всегда взаимосвязаны, то два разных газа с одинаковыми давлением, объемом и температурой должны содержать одинаковое количество молекул. Потребовалось еще 50 лет, чтобы осознать важность этого открытия, но эта идея Авогадро была использована для создания периодической таблицы элементов — одной из самых значительных систем классификации, когда-либо созданных в мире.

в полном соответствии с его законами движения. Верный себе, Ньютон почти 40 лет никому не рассказывал об этой идее, а в 1670-х гг. голландский ученый Христиан Гюйгенс предположил, что свет — это на самом деле волна, которая распространяется наружу во всех направлениях.

ЭТО ВОЛНЫ

Теория Ньютона хорошо объясняла отражение света, но не помогала разобраться с преломлением, в то время как теория Гюйгенса справлялась и с тем, и с другим. Корпускулярная теория света рухнула, когда дело дошло до дифракции. При этом явлении свет рассеивается после того, как проходит через очень узкую щель в плотном экране. Лучи света проходят через эту щель, не сохраняя своего движения по прямой, поэтому мы наблюдаем не одно световое пятно, а несколько. Волны всех видов (звуковые, рябь на воде и так далее) ведут себя точно так же. Потоки частиц — нет.

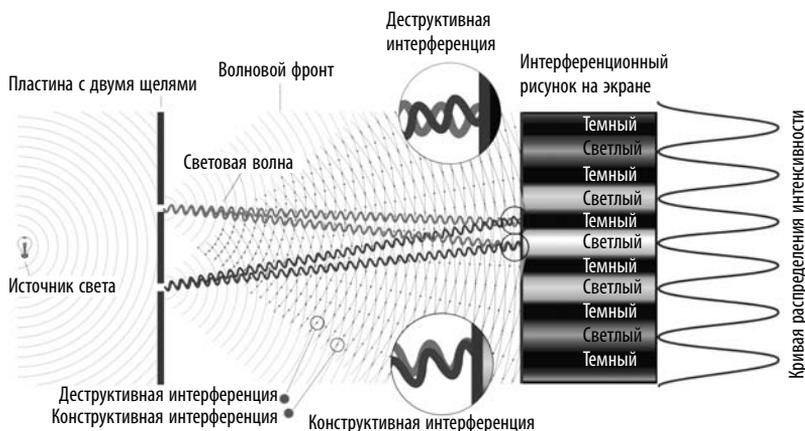
Тем не менее корпускулярно-волновая дискуссия продолжалась еще несколько столетий, зачастую подпитываясь национальными мотивами. Однако в 1801 г. английский исследователь Томас Юнг провел эксперимент, доказавший, что свет — это волна. Свет падал на пластину с двумя щелями, находящимися рядом. Лучи, прошедшие через эти щели, затем проецировались на экран, и получался характерный полосатый рисунок из светлых и темных областей. Такой узор может быть

вызван только интерференцией, то есть волнообразным поведением света. При столкновении две волны взаимодействуют, накладываясь друг на друга. Если обе волны находятся в одной и той же фазе, то есть восходят и падают одновременно, то они сливаются в одну большую волну, образуя яркий свет. Если их фазы противоположны друг другу, то волны компенсируют друг друга, создавая только тьму. Интерференционная картина Юнга однозначно доказывала, что свет — это волна.

НЕДОСТАЮЩИЕ ЦВЕТА

В начале XIX в. немецкий физик и оптик Йозеф фон Фраунгофер усовершенствовал стекло для линз, благодаря чему телескопы стали более точными, а изображения — более четкими. Этот технический прорыв оказал огромное влияние на науку, и весь следующий век будет полон открытий в области света. Новые призмы были настолько точны, что Фраунгофер смог изучить радугу, созданную с помощью увеличительного стекла. В 1814 г. он обнаружил, что среди смеси цветов были отчетливые темные линии. Эти так называемые фраунгоферовы линии впоследствии будут использоваться для обнаружения элементов, классификации звезд и выявления внутренней структуры атомов.

Интерференционная картина двухщелевого эксперимента, проведенного Томасом Юнгом.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

До 1820-х гг. явления магнетизма и электричества, известные с древних времен, считались совершенно независимыми друг от друга. Конечно, были сходства (оба явления могут вызывать притяжение и отталкивание) и намеки на возможную связь между ними. Например, после удара молнии в дом железные ножи на кухне часто становились намагниченными.

СЛУЧАЙНОЕ ОТКРЫТИЕ

Тем не менее магниты мало интересовали ученых, а вот новые явления — электрический заряд, батареи и электрический ток — действительно привлекли внимание. В апреле 1820 г. датский профессор Ханс Кристиан Эрстед читал в Копенгагене лекцию об эффекте нагрева металлического провода, по которому течет ток. Для демонстрации этого явления он использовал вольтову дугу из своей лаборатории. Рядом лежал компас, и во время эксперимента его стрелка качнулась и указала на электрифицированный провод.



Ханс Кристиан Эрстед.

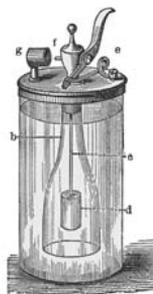
Эрстед понял, что электрический ток делает провод магнитом, но только временно. Когда ток был отключен, стрелка возвращалась назад и снова указывала на север. Эрстед должен был исключить влияние тепла на поведение компаса, и он повторил эксперимент, используя более тонкие провода. Они стали горячее, но их влияние на компас было более слабым. Так совершенно случайно Эрстед обнаружил неразрывную связь между электричеством и магнетизмом и основал область физики, называемую электромагнетизмом.



КАТАЛИЗАТОРЫ

В 1823 г. немецкий химик Иоганн Вольфганг Дёберейнер создал прибор, который давал свет за счет выделения водорода. Газ получался внутри конструкции в результате реакции цинка с серной кислотой, а затем проходил через губчатую платину. Как по волшебству водород вспыхивал ярким пламенем. Без платины водород вырвался бы наружу, что вряд ли было хорошей идеей.

Спустя 13 лет шведский химик Йёнс Якоб Берцелиус назвал это любопытное изобретение огнивом Дёберейнера. Он также описал этот процесс как катализ, заимствовав греческое слово «развязать». Платина была катализатором, который заставлял водород реагировать с воздухом и при этом не требовал источника тепла для запуска реакции. В наши дни известно, что катализатор — это химическое вещество, которое ускоряет реакцию, но не вступает в нее, а также уменьшает необходимое для реакции количество энергии.



Огниво Дёберейнера, или первая зажигалка.



Андре-Мари Ампер.

СИЛОВЫЕ ПОЛЯ

Вскоре французский исследователь Андре-Мари Ампер разработал гораздо более четкую картину электромагнитных сил. Он показал, что два электрифицированных провода могут отталкиваться и притягиваться так же, как пара магнитов. Полярность провода зависела от направления тока. Если токи шли в противоположных направлениях, то они вызвали отталкивающую магнитную силу, а если в одном направлении, то притяги-

вающую. В честь Андре-Мари Ампера названа единица измерения силы электрического тока — ампер (сокращенно А).

Среди других ученых, изучавших электрические явления, особенно выделяется англичанин Гемфри Дэви. Он стал первой в мире научной знаменитостью благодаря занимательным публичным лекциям и многочисленным новым элементам, которые он открыл с помощью электролиза за 15 лет до теории Ампера. Старшим коллегой Дэви был Уильям Волластон, и именно он курировал строительство в подвалах Королевского института огромной батареи, которую использовал Дэви. Еще одно важное имя — Майкл Фарадей. Он вскоре затмит всех остальных исследователей электромагнетизма, но начал он как самоучка-любитель и лаборант Гемфри Дэви.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Узнав про открытия Эрстеда и Ампера, Гемфри Дэви и Уильям Волластон начали размышлять, можно ли использовать отталкивающие и притягивающие силы электричества и магнетизма для создания вращательного движения. Однако в 1821 г. Фарадей опередил своих учителей, и именно ему приписывают изобретение первого в мире электродвигателя, хотя и очень простого.

В основе двигателя Фарадея лежала идея, что силовое поле электрического провода и магнитное поле статического магнита могут воздействовать друг на друга и создавать непре-

рывное движение. Конструкция двигателя состояла из электрического провода, двух постоянных магнитов и двух чаш с ртутью, которые помогали замыкать цепь. В одной чаше был закреплен постоянный магнит, а конец провода свисал свободно (погруженный в ртуть), в другой чаше — наоборот: зафиксированный провод и подвижный магнит. Когда включали электрический ток, в одной чаше двигался по кругу свободный конец

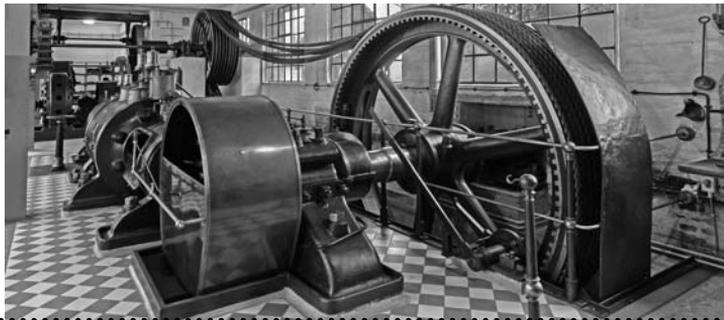


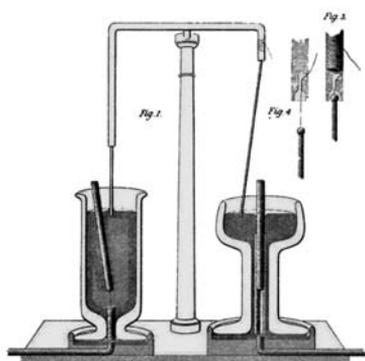
Гемфри Дэви.

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В то время как другие разрабатывали новые электрические двигатели, французский ученый Сади Карно хотел лучше понять принцип действия старых паровых двигателей. Он понимал, что их движущей силой было тепло, переносимое текучей средой, в данном случае паром. Тепло переходит от горячего пара к внешней стороне двигателя, и при этом часть его превращается в более полезную форму — движение. Карно рассчитал, как повысить эффективность паровых двигателей: для этого надо увеличить разницу в температуре между нагревателем (котлом) и «холодильником» (поглотителем тепла).

Промышленный паровой двигатель.





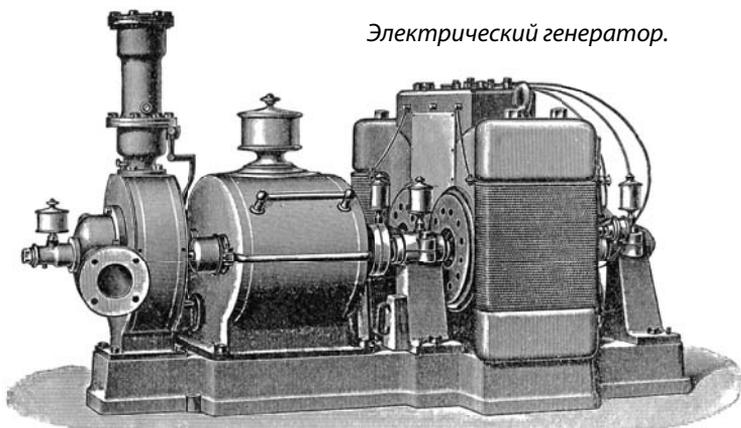
Электродвигатель Фарадея.

провода, а в другой — постоянный магнит. Хотя Фарадей и не объяснялся такими терминами, химические реакции в батарее создали скачок электрического заряда через провод, и этот скачок превратился в механическое движение. Современные электродвигатели основаны по большей части на том

же принципе, хотя один из элементов — обычно проводник — образует ось, или ведущий вал, который передает энергию вращения на ведущее колесо или аналогичный привод.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Дэви обвинил Фарадея в плагиате, и тот прекратил исследования электромагнетизма до самой смерти своего бывшего учителя в 1829 г. В 1824 г. Уильям Стёрджен изобрел электромагнит — железный сердечник с обмоткой из меди. Когда по медному проводу пускали ток, железный сердечник превращался в мощный магнит. Когда ток отключали, магнетизм ис-

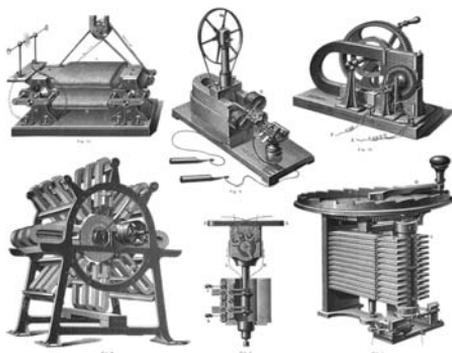


Электрический генератор.

*Магнитоэлектрические
машины XIX в.*

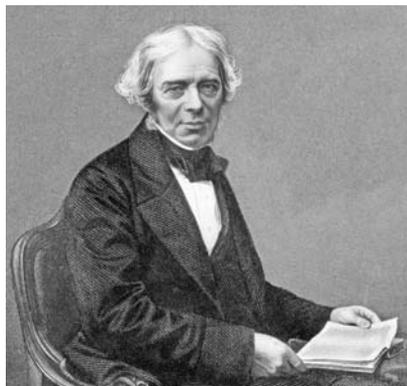
чезал. Электромагнит стал частью исследований Фарадея, и Стёрджен использовал его, чтобы создать более совершенную и практичную модель электродвигателя.

Электромагнит предложил человечеству и кое-что еще — действие на расстоянии: им можно было управлять через провод длиной в несколько километров. Эта коммутационная система легла в основу первых телеграфов. Сами электромагниты до сих пор используются в радиоприемниках, громкоговорителях, микрофонах и даже компьютерных жестких дисках.



ИНДУКЦИЯ ТОКА

Электромагниты также фигурируют в самом большом открытии Фарадея, которое важно и по сей день. Он знал, что провод, обмотанный вокруг железного сердечника, создает электромагнит, но что получится, если будет две катушки? Чтобы выяснить это, он добавил к железному кольцу две катушки. Включение или выключение тока в одной катушке приводило к появлению тока во второй, чьи витки чередуются с витками первой. Дальнейшее исследование показало, что появление тока во второй катушке индуцировалось изменением магнитного поля, созданного током в первой. Фарадей назвал это явление элек-



Майкл Фарадей.

БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

В 1820-е гг. появилось много великих работ в области физики, однако это десятилетие было временем ученых всех отраслей. В конце концов, это было время, когда бесстрашные исследователи возвращались из разных уголков планеты, везя с собой таинственных существ и чудесные растения. В 1827 г. шотландский ботаник Роберт Броун изучал под микроскопом пыльцу растения, привезенного с северо-западных островов Тихого океана, и обнаружил, что крошечные зерна пыльцы двигались в совершенно хаотическом порядке. Такое же движение оказалось характерным для различных мельчайших объектов — от грибковых спор до угольной пыли. Это явление было названо броуновским движением.

Только 80 лет спустя Альберт Эйнштейн объяснил природу этого явления: это было первое визуальное доказательство существования атомов. Зерна пыльцы двигались хаотично из-за случайного движения атомов, которые никогда не остаются совершенно неподвижными.



Роберт Броун.

ромагнитной индукцией. (Он поделится открытием индукции с американцем Джозефом Генри, который наблюдал нечто подобное примерно в то же время. Работа Генри над электромагнитными реле станет основополагающей для электронных телекоммуникаций, но это уже другая история.)

Фарадей понял, что индукция может превратить движение магнита в поток тока в проводнике — полная противоположность действию электродвигателя. В наши дни генераторы электричества, которые питают современный мир, работают именно так. Проводник находится внутри мощного магнитного поля крупных электромагнитов. Затем его вращает турбина,

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

До 1828 г. ученые считали, что в живых существах и неорганических химических веществах происходят принципиально разные процессы, а сама жизнь порождается некоей жизненной силой. Соответственно, органические материалы было невозможно сделать в лаборатории, ведь для этого нужно было воздействие жизненной силы. Тогда немецкий химик Фридрих Вёлер случайно синтезировал мочевины, основной компонент мочи. Синтез органического вещества из неорганического стал первым намеком на то, что химия живых существ подчиняется тем же правилам, что и любой другой материал.



Фридрих Вёлер.

которую запускает ветер, быстрое течение воды или пар. Когда проводник движется, ориентация магнитного поля постоянно меняется, и это вызывает ток в проводнике. В течение нескольких секунд (а ток движется почти со скоростью света) этот ток появляется в розетках в домах.

ИОННАЯ СВЯЗЬ

Фарадей уже преобразовал мир физики и электротехники, однако его вклад в науку на этом не закончился. Великий ученый стал пристально изучать электролиз — метод выделения составных частей растворов, который сделал имя его бывшему наставнику. Фарадей обнаружил, что количество материала, разлагаемого электричеством, пропорционально величине тока. Как и в случае с аккумулятором и двигателем, идея Фарадея была связана с энергией. Электрическая энергия передавалась соединениям, заставляя их разделяться на более простые составляющие.

ХОЛОДИЛЬНИК

В 1748 г. шотландский химик (и учитель Джозефа Блэка) Уильям Каллен использовал вакуумный насос, чтобы заставить газ расширяться очень быстро. В результате этого процесса температура газа сильно упала, и вода вокруг него замерзла. В 1805 г. американский инженер Оливер Эванс предложил использовать последовательность расширений и сжатий в замкнутой системе, чтобы обеспечить постоянный холод. В 1830 г. его помощник Джейкоб Перкинс реализовал этот план, выиграл патент и построил первый в мире холодильник.



Тот работал не очень хорошо, и на его усовершенствование потребовалось еще 90 лет. Но с тех пор холодильник изменил способ транспортировки и хранения пищи, позволяя сохранять продукты свежими в течение многих месяцев.

Джейкоб Перкинс.

Фарадей как сторонник теории, что электричество является неким невесомым флюидом, предположил, что оно переносится через жидкости заряженными телами, которые он назвал ионами (от греч. «идущий»). Катионы были положительно заряжены и притягивались к отрицательно заряженному электроду — катоду. Анионы (отрицательно заряженные частицы) тянулись к положительному электроду — аноду. Фарадей предположил, что молекулы состоят из анионов и катионов, связанных друг с другом взаимным электрическим притяжением. Эти термины, которые использовали Фарадей и его коллеги, продолжают применяться и сегодня, а теория ионной связи легла в основу некоторых современных представлений о химических соединениях. Чтобы понять больше, химики собирались разложить сам атом, а это могло привести к самым непредвиденным последствиям.

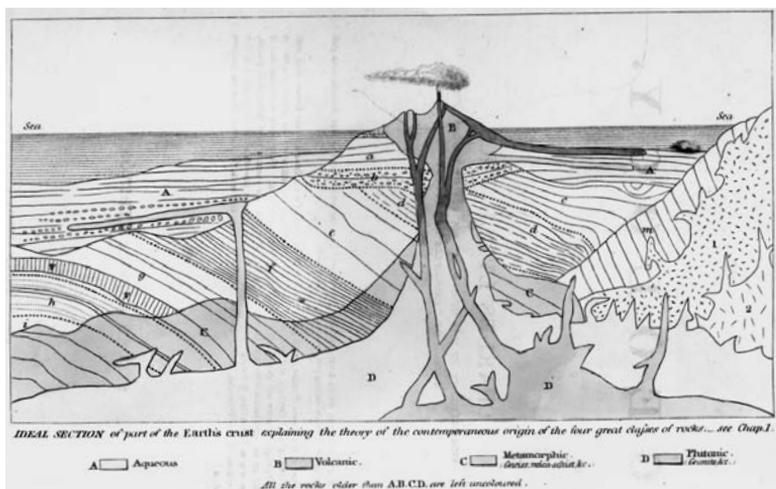
ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ

В 1830-х гг., после столетий накопления научных данных, Чарльз Лайель положил начало новой науке, опубликовав книгу «Основные начала геологии». Она оказала большое влияние на Чарльза Дарвина и многих других ученых, стремившихся понять, как появилось удивительное биоразнообразие Земли. Однако сам Лайель многим обязан своим предшественникам — и тут надо начать рассказ со времен Античности.

ПИСЬМЕННОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО

Наука началась с натурфилософов, таких как Фалес и Анаксимандр, которые спрашивали себя, как и почему природа постоянно меняется. Сильнейший интерес вызывали и вопросы о будущих изменениях. Останутся ли они когда-нибудь, и если да, то когда? Как долго они уже происходят, имело гораздо меньшее значение — этот вопрос затрагивал мифы о сотворении мира

Фронтиспис «Основных начал геологии» Чарльза Лайеля.





Джеймс Ашшер.

и религию, и лишь немногие чувствовали необходимость или смелость ставить их под сомнение. Более того, в 1654 г. ирландский англиканский архиепископ Джеймс Ашшер использовал хронологию, содержащуюся в Ветхом Завете, чтобы отсчитать годы до буквального момента Творения, как его описывает Бытие (глава 1, стих 1). Ашшер пришел к выводу, что Земля была создана 22 октября 4004 г. до н. э.

ВЫСЕЧЕНЫ В КАМНЕ



Окаменелый зуб акулы.

В следующем десятилетии Нильс Стенсен (более известный по латинизированному имени Николас Стено) заметил, что анатомия зубов живых акул идентична «языковым камням», которые находили со времен древности. Римский историк и натуралист Плиний Старший предполагал, что эти объекты упали с неба, но Стено утверждал, что это акулы зубы, которые превратились в камень и оказались похоронены в твердой скале глубоко под землей. Точно изложенная и подтвержденная доказательствами идея Стено добавила весомости предположениям других ученых — от Леонардо да Винчи до Роберта Гука, — утверждавших, что окаменелости были останками когда-то живых организмов. Следующий вопрос был очевиден: сколько времени понадобилось, чтобы зубы стали каменными?



Ископаемые останки древнего крокодила.

ОХЛАЖДЕНИЕ

В 1778 г. Жорж-Луи Леклерк, граф де Бюффон, директор парижских ботанических садов, разработал тест для определения возраста Земли. Исаак Ньютон разработал свою собственную температурную шкалу, но она практически не используется, потому что разработана для работы с горячими объектами, такими как угли и расплавленный металл. К тому же шкала Ньютона была крайне неточной, но зато она помогла лучше понять скорость охлаждения горячих предметов — по части математических прорывов на Ньютона всегда можно было положиться. Бюффон рассуждал, что Земля была вначале раскаленным шаром из камня и металла и с тех пор остывает. Поэтому он смоделировал вопрос в меньшем масштабе: нагрел небольшой шар из твердого железа, а затем рассчитал время, необходимое для его охлаждения. Полученные выводы он затем экстраполировал, чтобы учесть гораздо больший размер Земли. По его вычислениям, возраст Земли составляет 75 000 лет. Эта цифра далека от современных данных (4,5 млрд лет), но важный результат работы Бюффона состоял в том, что Земля оказалась гораздо старше человеческой истории, а значит, большая часть прошлого Земли вообще не имела отношения к людям. Католическая церковь приказала сжечь книги Бюффона.

УНИФОРМИЗМ

В Шотландии Джеймс Хаттон (или Геттон) занимался схожими исследованиями, связанными с огромным возрастом Земли. После почти тридцати лет работы он представил свои идеи Королевскому обществу Эдинбурга в 1785 г., которое спонсировал его друг Джозеф Блэк, до сих пор считающийся лидером шотландского Просвещения. У большой идеи



Жорж-Луи Леклерк, граф де Бюффон.

Хаттона было не менее громкое имя — униформизм. Проще говоря, эта концепция утверждает, что процессы, которые мы наблюдаем сегодня, — это по сути те же самые процессы, которые создали древнейшие образования Земли за ее долгую историю. Таким образом, свидетельства таких явлений, как водная и ветровая эрозия, вулканы и землетрясения, можно увидеть во многих слоях породы, которые составляют поверхность Земли. Прямо сейчас новый скальный слой формируется из почвы и осадка, который покрывает поверхность, только такая работа длится гораздо дольше человеческой жизни. Другой шотландец Чарльз Лайель расширил и популяризировал идеи Хаттона в «Основных началах геологии», и они получили дополнительный резонанс благодаря новому направлению исследований, которое началось в Англии несколькими годами ранее.

УЖАСНЫЕ НАХОДКИ

В 1822 г. охотник за ископаемыми Гидеон Алджернон Мантелл на юге Англии нашел огромный окаменелый зуб, который, казалось, принадлежал ящерице, но был слишком велик для пасти любого представителя этого вида. Позже Мантелл нашел и скелет чудовищного 10-метрового четырехногого существа. Он назвал его «игуанодон», что означает «зуб игуаны».

Череп и кости подобных гигантских рептилий были известны на протяжении столетий. В Китае, например, их называли костями дракона. Однако в 1841 г. английский биолог Ричард Оуэн дал им более подходящее имя — динозавр (от греческих слов *deinos* — «ужасный», «страшный» и *saurus* — «ящер»).



Игуанодон.

ОТКРЫВАЯ ЭНЕРГИЮ

Еще с древности тепло считалось некой субстанцией. Не одним из четырех элементов, но как минимум связанной с ними «силой» или «принципом». В огне и воздухе было больше тепла, чем в воде и земле, но оставалось предметом споров, хватало ли двум холодным элементам силы тепла или они были исполнены противостоящей теплу замораживающей субстанцией.

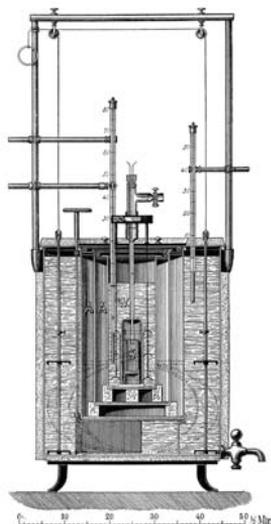
Идея тепла как вещества сохранилась и во времена научной революции. В списке простых веществ Антуана Лавуазье, написанном в конце XVIII в. и включавшем самые передовые для того времени описания, упоминался «теплород» (тепло), а также свет.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛА

Лавуазье и его коллега Пьер-Симон Лаплас изобрели устройство для измерения количества калорий в веществе — калориметр. Внутри него была центральная изолированная



Огонь считался одним из четырех элементов.



Калориметр.

камера, в которой сжигали вещество. Выделяемое при сгорании тепло расплавляло лед, разложенный вокруг камеры. Объем собранной талой воды и был показателем выделенного тепла. Современные калориметры используют тот же принцип (только вместо растапливания льда они нагревают воду) для измерения калорийности продуктов. (Единица измерения калорийности появилась несколько десятилетий спустя, но, по существу, она была выведена из работ Лавуазье и Лапласа 1780-х гг.)

БУРОВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В 1798 г. американец Бенджамин Томпсон (позже его уже звали граф Румфорд), уехавший в Европу во время Войны за независимость, проводил эксперименты, пытаясь выяснить, почему натирание предмета делает его горячим. Такое нагревание плохо сочеталось с концепцией тепла, которое представляли как невидимую материю, перетекающую из одного места в другое. Работая экспертом по оружию в Баварии, Румфорд провел очень важный эксперимент. Он поместил пушечное ядро в бочку с водой. Затем он начал бурить ядро с помощью дрели — причем выбрал самое тупое сверло, которое только смог найти. Трение сверла по железному шару привело к нагреву, и через два с половиной часа работы вода вокруг шара начала кипеть. Независимо от того, сколько времени он продолжал свой эксперимент, запас тепла был, казалось, неисчерпаемым. Это подсказало Румфорду, что тепло — не материя (вещество уже закончилось бы), но каким-то образом оно связано с движением сверла.

Эксперимент Румфорда по бурению не был замечен научным сообществом, а работы о связи тепла и движения не появлялись до начала 1840-х гг. Примерно в это время молодой

Граф Румфорд.



немецкий врач Юлиус Роберт фон Майер работал на борту корабля Голландской Ост-Индской компании. Он заметил, что кровь моряков, раны которых он лечил, стала ярко-красной, когда корабль вошел в теплые тропические воды. Ярко-красная кровь означает, что она полна кислорода. Это могло быть симптомом серьезной травмы, но даже у пациентов с мелкими порезами кровь была ярко-красной. Майер понял, что в теплую погоду тела моряков сжигали меньше топлива и им требовалось меньше кислорода для поддержания жизнедеятельности организма.

СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Майер начал думать о том, как «жизненная сила» протекает через тело. Она содержится в пище, которая сжигается для работы тела, выделяя тепло. «Жизненная сила», которую уже называли энергией, не возникает в теле, а просто преобразовывается из одной формы в другую — из энергии химических связей в тепловую и энергию движения.

Майер опубликовал эти наблюдения в 1842 г. Сейчас эта концепция называется сохранением энергии, и она легла в основу первого закона термодинамики (области физики, которая описывает поведение тепла и другой энергии). Однако работу Майера все проигнорировали. И что еще хуже — в следующем году английский физик Джеймс Джоуль



*Юлиус Роберт фон Майер,
немецкий врач.*

НЕПТУН В ЧИСЛАХ

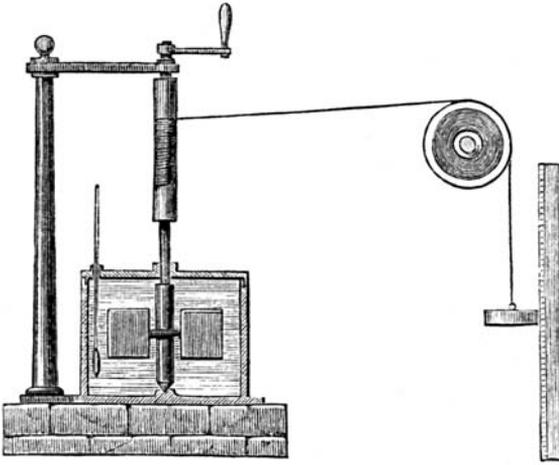
После почти полувека наблюдений за планетой Уран стало ясно, что траектория ее орбиты не совпадает с траекторией, рассчитанной астрономами. Колебания в ее движении указывали на присутствие другого большого тела, расположенного еще дальше от Солнца. На самом деле это тело видел еще Галилей, но не понял, что это на самом деле восьмая планета. В конце концов эту планету нашли не по наблюдениям, а с помощью математики. Французский ученый Урбен Жан Жозеф Лавуазье по воздействию на орбиту Урана смог вычислить, где будет находиться планета, и в 1846 г. его предсказание сбылось. Новая планета сияла голубым светом, похожим на цвет океана, поэтому ее называли Нептуном в честь древнеримского бога морей и потоков.

выдвинул почти ту же идею и представил ее так, что она была принята научным сообществом. Сегодня мы используем единицу измерения, названную в честь Джоуля, а не Майера. Один джоуль (Дж) — это количество энергии, которую надо затратить, чтобы при силе в 1 ньютон передвинуть тело массой 1 кг на 1 метр. Джоуль используется как единица измерения работы, энергии и количества теплоты в Международной системе единиц (СИ).

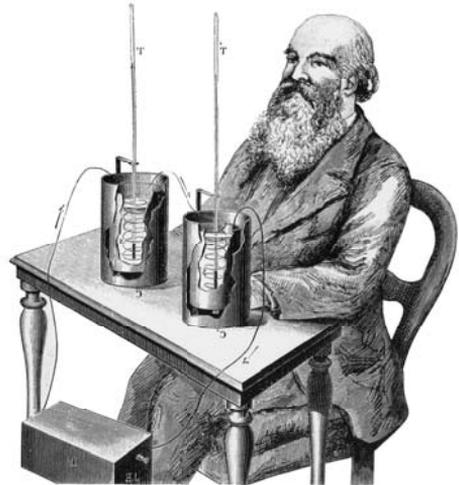
ДВИЖЕНИЕ РАВНО НАГРЕВАНИЮ

Красота идеи Джоуля была в том, что он рассматривал энергию не только как подъем и перемещение массы, но и как процесс, производящий тепло, электричество, звук и химическую активность. Она также может храниться внутри материала в качестве потенциальной энергии. Джоуль смог продемонстрировать это с помощью эксперимента по измерению механического эквивалента тепла, который был очень похож на опыт графа Румфорда, но позволял измерить, сколько тепла было произведено в результате движения.

*Эксперимент
Джоуля.*



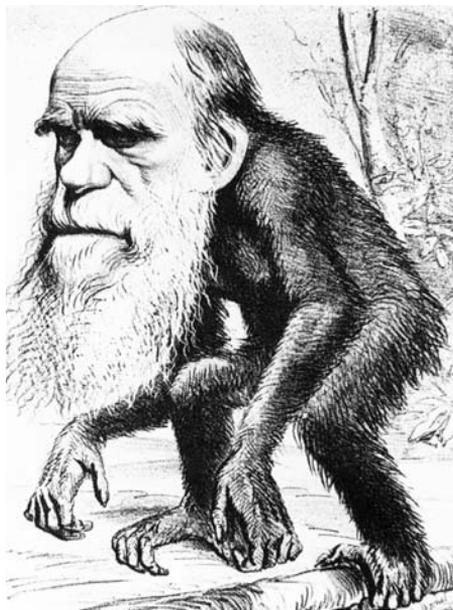
Джоуль установил вращающиеся лопасти внутри резервуара, содержащего 0,45 кг воды, и прикрепил их к грузу. Груз опускался, заставляя лопасти вращаться. Это вращение передавало в воду энергию, и она постепенно нагревалась. Джоуль обнаружил, что тепловая энергия, необходимая для нагревания воды на 1 градус Фаренгейта, эквивалентна подъему груза массой 0,45 кг на высоту 222 м. Связь движения атомов с теплом, температурой и давлением позволила ученым полностью изменить понимание физических и химических свойств веществ. Это понимание уточняется и в более поздних работах — от теорий Эйнштейна до поисков бозона Хиггса.



*Эксперимент Джоуля
по измерению механического
эквивалента тепла, 1847 г.*

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ И ДАРВИНИЗМ

Биологию смело можно назвать самой игнорируемой наукой эпохи Просвещения. Химики и физики уже развенчивали древние верования и раскрывали тайны физического мира, а старые мифы о биологии все еще продолжали существовать. Например, Ян Баптист ван Гельмонт, исследователь газов и пионер научной революции, записал в своих трудах рецепт создания мышей. Так, он предлагал положить в горшок несколько старых тряпок, посыпать их зернами и оставить на 21 день, после чего якобы можно будет обнаружить взрослых мышей, в том числе уже беременных самок. И ведь он был уверен, что мыши сами по себе возникали в этом горшке!



Карикатура на Чарльза Дарвина, появившаяся после публикации его книги «О происхождении видов».

МАЯТНИК ФУКО

В 1851 г. Жан Бернар Леон Фуко установил в Париже длинный маятник, представлявший собой подвешенный на стальной проволоке шар. Когда маятник качнулся, шар оставил на песчаной дорожке следы. Сначала казалось, что маятник качается вперед-назад, однако несколько часов спустя стало ясно, что он вращался по часовой стрелке; согласно закону маятника, его движение всегда должно происходить в одном направлении. Через 24 часа маятник вернулся в исходную точку. Так что же произошло? Дело в том, что на самом деле вернулся не маятник, а планета Земля под ним. Таким образом, маятник Фуко стал первым прямым доказательством вращения Земли. Оказалось, что Коперник, Кеплер и другие астрономы были правы.



Маятник Фуко в Париже.

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СХЕМА

Идея самопроизвольного зарождения очень древняя и, вероятно, вытекает из наших самых примитивных представлений о жизни. Аристотель объяснял это «жизненным теплом», присутствующим во всей материи, которая сформировала формы жизни. Сначала маленькие твари — черви и насекомые — образовывались прямо из неодушевленной почвы, а затем постепенно на протяжении многих поколений развивались в более сложные структуры, пока не превратились в больших животных — таких, как мы. Эта концепция соответствовала телеологическому подходу Аристотеля к природе: он считал, что природные процессы приводят к окончательному состоянию совершенства. Это касается и развития жизни, которая сфор-



Великая цепь бытия.

Белошекая казарка, которая, как считалось когда-то, вылупляется из раковин ракообразных — морских уток.



мировала Великую цепь бытия. И, конечно, люди были ближе к вершине, борясь за свое положение с богами.

Такое мышление сохранялось и в Средние века. Например, считалось, что белошекие казарки (птицы, обитающие на севере и западе Европы) выводятся в раковинах морских уток (ракообразных). Однако в действительности этих животных объединяют только два параметра — это похожая окраска и место обитания у морского побережья. Альберт Великий, один из немногих действительно рационально мыслящих ученых того времени, отверг эту теорию как абсурдную. Однако подобные идеи были широко распространены до 1700-х гг. и шли рука об руку с другим древним поверьем, известным как преформизм¹.

К РОСТУ ГОТОВ

Преформисты полагали, что новые тела вырастают из яиц (имеются в виду не только яйца, покрытые скорлупой, а любые яйца всех форм и размеров). Они утверждали, что яйцо содержит полностью сформированную, но уменьшенную версию взрослого организма.

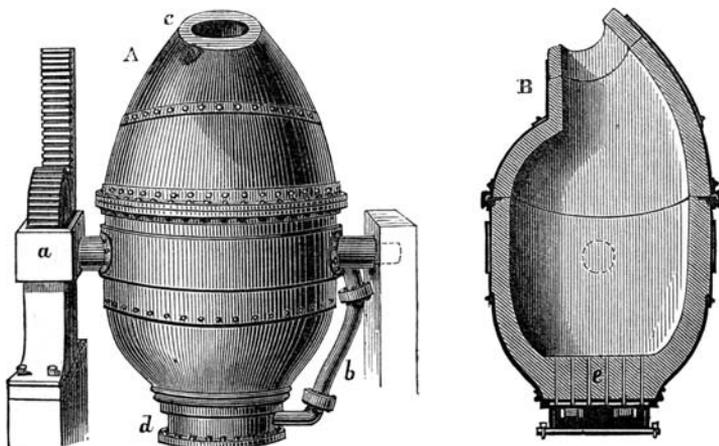
¹ Преформизм (от лат. *praeformo* — «заранее образую», «предобразую») — учение о наличии в половых клетках организмов материальных структур, которые определяли основные черты развития и строения организмов следующего поколения. — *Прим. ред.*

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Хотя сплав железа и углерода — сталь — известен с давних времен, в 1855 г. Генри Бессемер открыл гораздо менее дорогостоящий процесс выплавки, позволивший массово производить высококачественную сталь. Бессемер смешивал точные количества железа, углерода и других компонентов в конвертере; затем через расплав продували воздух, чтобы сжечь примеси, — и на выходе получалась жидкая сталь.

В 1856 г. появился еще один новый материал — паркезин, названный в честь изобретателя Александра Паркса. Этот материал стал первым прототипом пластика в истории человечества; это был формуемый полимер из целлюлозы. Паркезин отличался легкой воспламеняемостью и хрупкостью, поэтому не имел практического применения. Однако другие разработанные вслед за ним искусственные полимеры наряду со сталью и алюминием, промышленное производство которого началось в 1880-е гг., и создали современный мир таким, каким мы знаем его сегодня.

Конвертер Бессемера.

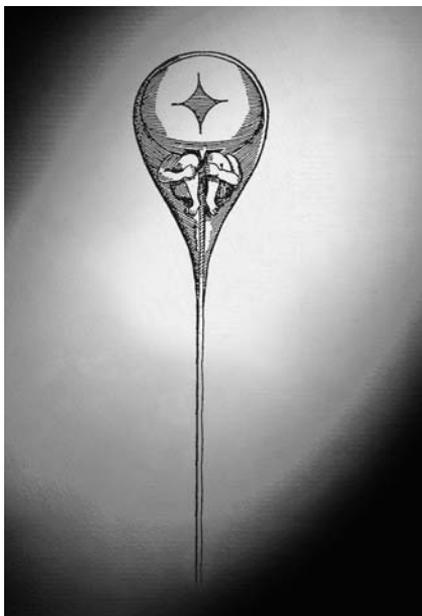


Так, в XVII в. голландский биолог Ян Сваммердам, занимавшийся исследованием метаморфоз насекомых, настаивал, что взрослые бабочки формируются из гусениц, а гусеницы, в свою очередь, — из яиц.

В 1670-х гг. основоположник микробиологии и создатель микроскопа Антони ван Левенгук использовал свое изобретение для изучения спермы — своей собственной и разных животных. После тщательных наблюдений он объявил, что точно видел маленького человечка — гомункула. Это заявление вызвало раскол в рядах преформистов: прежде считалось, что протосущества находятся в яйцеклетках самки, а не в сперме самца. Не каждый ученый был готов принять такое потрясение, и в результате школа преформизма раскололась на два противоборствующих лагеря — овистов и анимакультистов, или спермистов.

Тем не менее обе группы горячо выступали против теории эпигенеза, сторонники которого ратовали за меньший, но столь же старый набор идей, которые отстаивал когда-то еще Аристотель и которые исходили из того, что каждое новое тело

создано из набора инструкций, предоставленных каждой частью тела. Хотя этот образ мыслей весьма несовершенен, он ближе к современному пониманию генетического наследования, которое сложилось в начале XX в. Но должен был произойти переход к новому, основанному на фактах способу понимания жизни, который подоспел лишь к середине 1800-х гг. и полностью перевернул биологию, подведя под нее, наконец, научную основу.



Гомункул в сперме.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОД МИКРОСКОПОМ

В 1839 г. работавшие независимо друг от друга немецкие ученые Теодор Шванн и Маттиас Шлейден сформулировали клеточную теорию. Эта теория назревала уже давно, но биология относится к числу тех наук, в рамках которых накопление данных мало помогает составить ясную картину мира. Этим она отличается от физики и (в меньшей степени) химии, где чем больше человек узнает, тем лучше он понимает предмет. В биологии же длительные наблюдения приводят к огромному количеству данных — уникальных характеристик вроде формы тела и особенностей поведения, — и задача биолога состоит в том, чтобы найти закономерности в таком гигантском объеме фактов.

Долгие годы исследований Шванна показали, что все животные построены из клеток или продуктов клеток, а Шлейден обнаружил, что то же самое относится и к растениям. Этого было достаточно, чтобы изложить первые два принципа клеточной теории:

1) клетка — основная единица строения живого организма;

2) все живые существа состоят хотя бы из одной клетки.

Тем не менее обнаруженные зоологом Шванном и ботаником Шлейденом клетки были совсем не похожи друг на друга:

Теодор Шванн.



Маттиас Шлейден.



растительные клетки окружены жесткой стенкой из целлюлозы — материала, который придает растениям прочность и структуру; животные же клетки такой стенки не имеют. Более того, животные клетки и между собой тоже сильно отличаются. Но и у растительных, и у животных клеток имелось центральное тело — ядро. Его обнаружил в 1831 г. ботаник Роберт Броун, известный благодаря открытию броуновского движения (которое, как ни странно, относится к области физики).

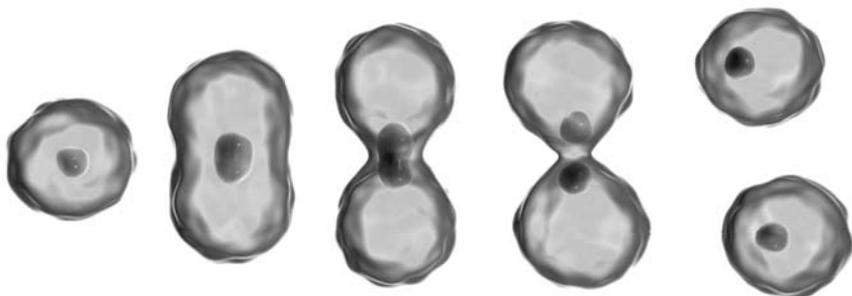
ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК

С течением времени микроскопы становились все совершеннее, и в конце концов стало очевидно, что ядро вовлечено в процесс деления клетки — митоз. Шлейден описал процесс образования новых растительных клеток, в ходе которого в центре материнской клетки образовывалась стенка, делившая ее на две дочерние клетки. В 1850-х гг. Роберт Ремак описал, как подобным образом делятся клетки животных. Это открытие использовал в 1855 г. Рудольф Вирхов, чтобы сформулировать третий принцип клеточной теории:

3) все клетки происходят из других ранее существовавших клеток.

Это утверждение навсегда уничтожило идею самозарождения жизни (по мере накопления знаний о жизненных циклах организмов отвергались и другие доказательства этой древней теории, в том числе такие, как появление личинок из гнилой пищи). Клеточная теория доказала, что каждое новое существо

Деление материнской клетки на дочерние в результате митоза.



возникает из одной клетки, созданной родителями (или одним родителем). Однако все еще оставалось непонятным, как информация передается от родителей к потомству.

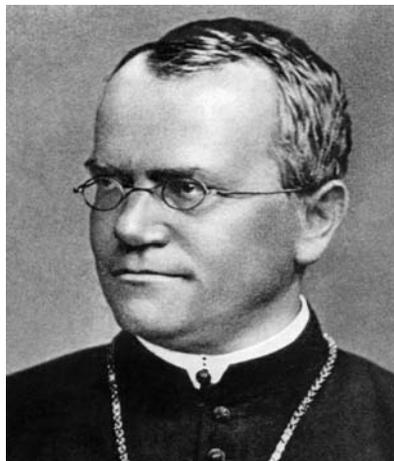
НАЧАЛО ГЕНЕТИКИ

Связь с наследованием была очевидна. Оно наблюдалось и в обычных семьях, а крестьяне уже много веков использовали его для выращивания лучших сельскохозяйственных культур и домашнего скота. В 1856 г. австрийский монах Грегор Мендель приступил к исследованию механизма наследования, которое займет восемь лет; за это время Мендель вырастит 29 000 кустов гороха.

Мендель тщательно контролировал, какие растения скрещивались друг с другом, и определил, как наследуются определенные характеристики, например окраска цветка и высота растения. Он обнаружил, что свойства растения обусловлены получением факторов (признаков) от каждого родителя, а это, в свою очередь, приводит к двойному набору факторов. Сегодня мы знаем больше о физическом механизме этого процесса и называем эти факторы *генами*.

В итоге Мендель вывел три закона:

- 1) закон расщепления признаков утверждает, что при передаче признаков двойной набор всегда разделяется на два отдельных;
- 2) закон независимого наследования признаков говорит, что расщепление происходит случайным образом и каждая пара альтернативных признаков передается независимо от других. Другими словами, ген окрашивания цветка обычно путешествует отдельно от гена длины стебля;



Грегор Мендель.

3) закон единообразия гибридов первого поколения стал самым показательным. Он гласит, что у потомков первого поколения проявляется признак только одного из родителей. Дело в том, что каждый признак существует в нескольких вариантах — аллелях (например, у гена цвета глаз есть аллели коричневого, синего и зеленого). Мендель понял, что у каждого фактора было несколько вариантов (так, у гороха фактор длины стебля имел высокую и короткую версии; то же верно для окраски цветка, формы плода и так далее). Эти варианты создают огромное биоразнообразие, поэтому два одинаковых организма практически невозможно найти. Один вариант является доминантным (преобладающим), другой — рецессивным. Например, высокая версия доминирует над низкой. Растению достаточно иметь хотя бы один высокий фактор — и оно будет высоким, даже если у него есть оба фактора. Но чтобы вырасти низким, растение должно унаследовать два коротких фактора. Как показывает практика, доминантные черты проявляются чаще, но рецессивные черты могут появиться в следующих поколениях — у потомков родителей с доминирующими чертами.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Работа Менделя была опубликована в 1865 г., но оставалась неизвестной в течение следующих 40 лет. В любом случае влиять на мышление величайшего биолога того времени было уже слишком поздно. Чарльз Дарвин опубликовал книгу «Происхождение видов» в 1859 г., после двух десятилетий размышлений над этой темой. Кругосветное путешествие Дарвина на борту корабля «Бигль» в 1830-х гг. показало ему, что животные, которые были явно как-то связаны, жили в разных местах обитания и очень по-разному. Вдохновленный биогеографией Александра Гумбольдта, палеонтологическими изысканиями Жоржа Кювье и геологическими работами Чарльза Лайеля, Дарвин начал задумываться о том, каким образом организмы формируются так, что могут справиться с различными проблемами и выжить. Результатом этих размышлений стала теория эволюции путем естественного отбора — одна из самых силь-

ных и известных научных теорий. Сформулировав ее, Дарвин сумел объяснить, как организмы могут приспосабливаться под свою среду обитания. Этот процесс очень медленный — изменения происходят на протяжении многих тысяч поколений, — однако геология Лайеля показала, что Земля достаточно стара, чтобы такой процесс мог происходить. Это также означало, что в разные времена Землю заселяли разные виды, и вымершие виды известны нам только по окаменелым останкам, как это объяснил Кювье. А биогеография Гумбольдта показала, что в мире множество сред обитания разных типов — луга, пустыни, джунгли и так далее — и обитатели, например, одного луга часто отличаются от обитателей другого.

ТЕСТ НА ВЫЖИВАНИЕ

Естественный отбор основан на двух вещах. Во-первых, не существует двух совершенно одинаковых организмов, даже у ближайших родственников есть различия. Во-вторых, жизнь всегда была короткой и жестокой, а смерть — неизбежной, и выживают только самые сильные, приспособленные и удачливые индивидуумы. Именно здесь и действует естественный отбор. Не все представители вида хорошо приспособлены к своей среде обитания: только некоторые из них могут найти пищу, воду и укрытие, чтобы избежать опасности. Те, кто не справятся с этой задачей, умрут или как минимум будут вытеснены более приспособленными соседями — и у них будет меньше возможностей для размножения, если они вообще будут. Природа выбирает наиболее приспособленных особей и избавляется от тех, кто не подходит для жизни в этой среде обитания.

У здоровых особей больше потомков, и как минимум некоторым из них они передают свои полезные качества. Этот процесс продолжается, и доля организмов с полезными качествами увеличивается. В итоге эти качества есть у каждого представителя вида: произошла эволюция путем естественного отбора.

Наилучшей иллюстрацией этого процесса могут быть галапагосские вьюрки — 15 видов певчих птиц, живущих на изолированном тихоокеанском архипелаге, который Дарвин посетил



Жизнь — это постоянная борьба за выживание, в которой всегда есть победители и проигравшие.

в 1835 г. Каждый вид по-своему приспособился к среде: одни поедают семена разных размеров, другие выкапывают насекомых. По возвращении в Англию Дарвин понял, что все эти виды произошли от одного общего предка, который оказался на этих островах много поколений назад. Дарвин увидел весь живой мир как огромную сеть, в которой все организмы, живые и вымершие, связаны друг с другом рядом общих предков. Работа по составлению этого древа жизни продолжается и по сей день.

ПРИРОДА СВЕТА

Одно из самых приятных свойств науки — это то, что явления из разных областей исследований оказываются связанными между собой, причем каждое из них раскрывает нечто фундаментальное в другом. Это хорошо видно в области электромагнетизма, где сначала была обнаружена взаимосвязь электричества и магнетизма, позволяющая совершать движение с помощью тока и получать ток в результате движения. Затем в 1860-х гг. было доказано, что электромагнетизм также связан и со светом. Это должно было неизбежно привести физику к самому ее ядру, раскрывая существование невидимых волн, открывая структуру атома, показывая разнообразие звезд и ту ошибку, которую Ньютон, как ни странно, допустил относительно гравитации.

ЦВЕТОВАЯ ГОЛОВЛОМКА

Эта история начинается в Баварии (ныне — часть Германии) в 1814 г., когда производитель объективов Йозеф фон Фраунгофер разработал спектроскоп. Это устройство так точно расщепляло белый свет без размытия и искажений (свойственных более ранним поколениям линз), что наблюдатели через увеличительную линзу могли очень подробно изучить цветовой спектр света. Они ясно видели тонкие, как бритва, промежутки, темные линии в цвете. Эти так называемые фраунгоферовы линии были видны в солнечном свете, но никто не знал, что они из себя представляют. Также спектроскоп показал, что свет от пламени, напротив, состоит из очень четко различимых цветов, совсем не похожих на спектр радуги. Откуда эта разница?

Огненный тест — это метод обнаружения определенных элементов, унаследованный еще от алхимии. Когда вещество горит, его пламя имеет характерный цвет. Это прекрасно продемонстрировал Гемфри Дэви после открытия калия в 1807 г.: этот мягкий серебристый металл горел уникальным сире-



Бунзеновская горелка.



Роберт Бунзен.



Йозеф фон Фраунгофер.

невым пламенем. В начале 1850-х гг. немецкий химик Роберт Бунзен разработал методику измерения цвета пламени. Для этого нужен был источник тепла, который не мешал бы цвету горящего материала. Так была изобретена бунзеновская горелка, которая сегодня стала широко применяющимся лабораторным инструментом. Горелка работает на газе, а ее устройство позволяет контролировать, сколько воздуха смешивается с топливом. Когда воздух ограничен, горелка производит ярко-желтое пламя, которое при добавлении воздуха превращается в горячий синий конус. В этой установке газовое топливо горит очень быстро и горячо и поэтому не мешает свету, исходящему от горения другого материала.

ЗАКОНЫ СПЕКТРОСКОПИИ

К 1850-м гг. Бунзен начал сотрудничать с другим немецким ученым — Густавом Кирхгофом. Они использовали спектроскоп, чтобы изучать цвет пламени целого ряда материалов, и пришли к выводу, что обнаруженный набор цветов (спектр излучения) уникален для каждого материала, и поэтому его можно использовать для определения присутствия элементов в соединении. Так им удалось открыть два ранее не известных металла; они назвали их в честь самых характерных цветов в спектре излучения: рубидий (по красному) и цезий (по небесно-голубому).

Однако Кирхгоф смог продвинуться еще дальше и объяснить темные фраунгоферовы линии.

Результатом стали три закона спектроскопии:

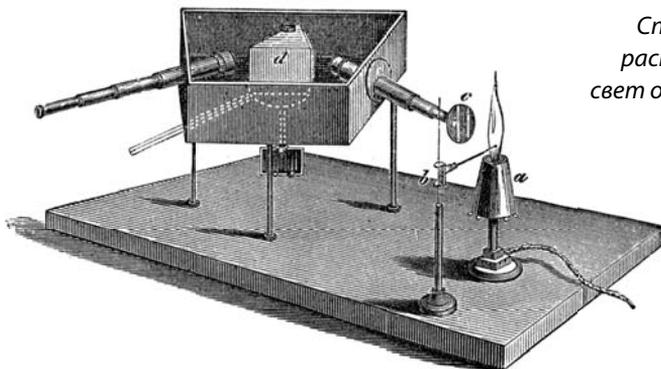
- 1) горячий раскаленный материал дает непрерывный спектр излучения. Это свойственно для Солнца и звезд;
- 2) горячий газ излучает спектр ярких цветных линий, а не полную раду;у;
- 3) когда полный спектр проходит через холодный газ, некоторые цвета поглощаются. Как и спектр излучения, этот спектр поглощения уникален для каждого элемента.

Этот последний закон объяснил таинственные фраунгоферовы линии. Газы, которые окружают Солнце, поглощают часть света от горячей поверхности, создавая темные линии в непрерывном спектре. Следовательно, в атмосфере звезды можно идентифицировать тот или иной химический элемент, просто взглянув на линии поглощения в ее спектре. Это открытие вскоре показало, что найденные на Земле элементы присутствуют во всех частях Вселенной, где есть и некоторые неизвестные элементы (см. текст про солнечный газ).

СВЕТЯЩИЕСЯ ТРУБКИ

Примерно в то же время, когда Бунзен и Кирхгоф систематически регистрировали спектры излучения пламени, два других исследователя нашли еще один способ увидеть те же цвета: Юлиус Плюккер попросил Генриха Гейслера создать в стеклянной трубке максимально возможный уровень вакуума, а также подвести к ней электроды, чтобы он мог пропускать электрический ток через пустоту. Как и Хоксби со своим стеклянным шаром, Плюккер обнаружил, что электрифицированная трубка светится в темноте. Что еще более важно, он мог заставить ее сиять различными цветами, добавляя слабый след различных элементов, и эти цвета соответствовали спектрам излучения, записанным Бунзеном. (Трубка Гейслера была предшественницей неоновой лампы, названного так потому, что неоновый газ дает темно-красный цвет. Сегодня такие источники света известны как газоразрядные лампы. Самая распространенная из них — энергосберегающая лампочка, где свет производится за счет использования незначительного количества паров ртути.)

Итак, оказалось, что у каждого элемента было некое базовое свойство, которое производит определенный цвет, если



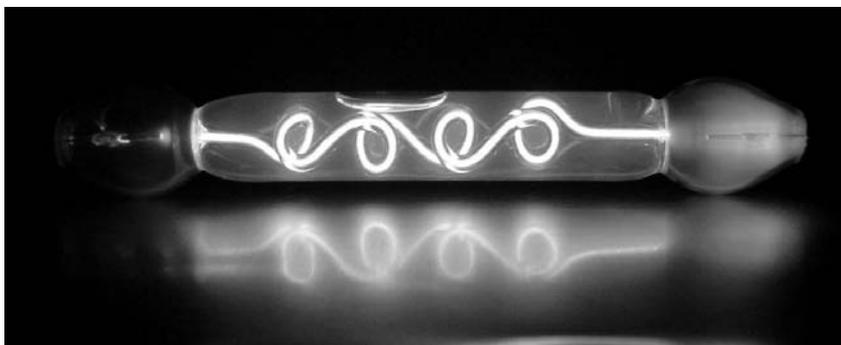
*Спектроскоп
раскладывает
свет от пламени
на цвета.*

СОЛНЕЧНЫЙ ГАЗ

18 августа 1868 г. астрономы собрались в Индии, чтобы с помощью спектроскопов изучить свет Солнца. В тот день было полное солнечное затмение, и, так как яркий диск Солнца некоторое время оставался скрытым от глаз, астрономы получили очень четкое представление о солнечной короне — самом разреженном слое атмосферы нашей звезды. Французский астроном Пьер Жансен увидел в корональном свете несколько неизвестных линий излучения. Чуть позже английский астроном Норман Локьер увидел те же линии в солнечном спектре и пришел к выводу, что обнаружил свидетельство неизвестного на Земле элемента. Считая этот элемент металлом, Локьер назвал его гелием, то есть «солнечным металлом». В 1895 г. шотландский химик Уильям Рамзай обнаружил гелий при разложении минерала: оказалось, что это газ, притом очень странный и инертный. Сегодня гелий относится к группе благородных газов, которые приобрели такое название благодаря своей чрезвычайно низкой химической активности: они никогда не взаимодействуют с остальными элементами таблицы Менделеева.



Пьер Жансен.



Неоновая трубка.

дать ему энергию, будь то сжигание или электрический ток. Кроме того, Плюккер обнаружил, что свет в его трубках может притягиваться и отталкиваться магнитами.

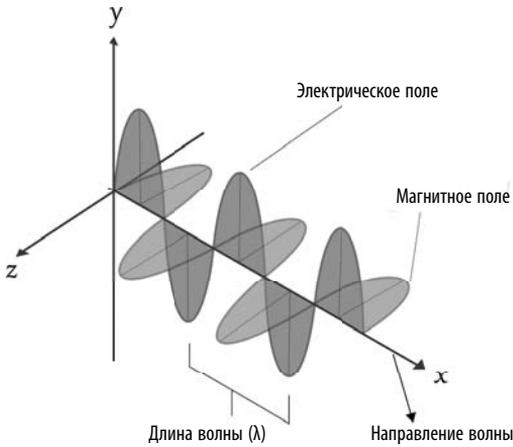
УРАВНЕНИЯ ПОЛЯ

Объединил все эти наблюдения воедино Джеймс Клерк Максвелл, которого часто называют шотландским Эйнштейном (кстати, именно работа Максвелла по объяснению электромагнетизма впоследствии привела Эйнштейна к теории относительности). В 1850-х гг. Максвелл сменил Майкла Фарадея на посту ведущего ученого в области электромагнетизма (Фарадей к тому времени ушел в отставку). Максвелл провел большую часть 1850-х гг., изучая так называемые силовые линии (термин был предложен Фарадеем), которые появлялись вокруг электричества и магнитов. Сегодня они известны как силовые поля. Максвеллу удалось доказать, что силовые поля меняли свою силу со скоростью света, и это позво-



Джеймс Клерк Максвелл.

Электромагнитная волна.



лило предположить, что три явления — электричество, магнетизм и свет — имеют одну и ту же природу. К 1864 г. Максвелл создал теорию электромагнитного поля, объединившую все три явления, и вывел серию уравнений, которые объяснили, как связаны их характеристики.

Работа Максвелла показала, что свет — это форма электромагнитного излучения, которое переносит энергию в виде колебаний в электромагнитном поле, пронизывающем Вселенную. Вот почему свет может проходить через вакуум и космическое пространство, в то время как другие волны, например звуковые, работают только в более плотных средах, таких как воздух или вода.

Цвет — это характеристика, которую создают наши глаза при обнаружении света с различными длинами волн. Из видимого спектра самая большая длина волны (и самая низкая энергия) у красного, затем идет желтый, потом зеленый и, наконец, синий и фиолетовый, у которых самые короткие длины волн. Уильям Гершель описал инфракрасное, или невидимое тепловое, излучение: его длина волны больше, чем у красного света. На другом конце спектра Иоганн Риттер обнаружил ультрафиолет — тоже невидимое излучение, но с большей энергией, чем у видимого света. Максвелл предсказал, что электромагнитный спектр будет содержать больше невидимых форм излучения. Их поиски начались.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Периодическая таблица — один из самых мощных инструментов в науке. Сегодня она включает в себя 118 элементов, и это полный набор строительных блоков, из которых состоит Вселенная, хотя последние 24 являются полностью искусственными. Опытный специалист может получить общее представление о свойствах любого элемента, опираясь только на его место и расположение относительно соседей по таблице. Изменения общих и частных характеристик, которые отражает периодическая таблица, обусловлены субатомной структурой элементов, и это поразительно, ведь сама таблица была составлена за 30 лет до того, как ученые идентифицировали первые субатомные частицы!

Периодическая таблица элементов.

Группа Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	85 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Df	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

В ПОИСКАХ ПОРЯДКА

Ученые всегда искали способы классифицировать элементы. Так, четыре классических элемента рассматривались как различные варианты комбинации тепла и влаги:

- огонь — горячий и сухой;
- воздух — горячий и влажный;
- вода — холодная и влажная;
- земля — холодная и сухая.

После множества алхимических тупиков путешествие к периодической таблице началось с атомной теории Джона Дальтона: он начал разбираться в основных характеристиках элементов, которые, предположительно, были связаны с различиями в их атомах. Сформулированный им закон кратных отношений гласил, в соединении двух элементов их количества соотносятся между собой как простые целые числа. Это, в свою очередь, дало Дальтону понимание, что атомам каждого элемента можно приписать массу. Однако ему не хватало необходимых данных, чтобы вычислить точные пропорции в молекулах или доказать, является ли атомная масса уникальной

характеристикой элемента.

В 1811 г. итальянский ученый Амедео Авогадро предложил решение этого вопроса: он утверждал, что два газа, давление, температура и объем которых одинаковы и постоянны, будут содержать одинаковое количество частиц. Это решение неизбежно открывало возможность для измерения относительных масс элементов. Например, водород — самый легкий элемент, поэтому его атомная масса была взята за единицу, а кислород, который весит в 16 раз больше газо-

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

Таблица элементов Дальтона.

Амедео Авогадро.

образного водорода, соответственно, получил атомную массу 16. Однако научное сообщество практически не обратило внимания на предложение Авогадро, а те, кто все-таки прочитали эту работу, забраковали ее.

НА ПУТИ К ПЕРИОДИЗАЦИИ

В 1820-х гг. шведский химик Йёнс Якоб Берцелиус, любивший во всем наводить порядок, ввел традицию обозначать элементы буквами латинского алфавита: Н — для водорода, О — для кислорода и так далее. Чтобы устранить языковые барьеры, некоторые символы были заимствованы из латинских названий элементов, поэтому для железа был придуман символ Fe (от лат. *ferrum*), а для свинца — Pb (от лат. *plumbum*). Это нововведение вскоре прочно устоялось среди ученых. Новым элементам присваивался символ с одной или двумя буквами, причем первая всегда была заглавной, вторая — строчной. Сегодня новым элементам присваивают временные трехбуквенные символы, пока не будет достигнуто международное соглашение о том, какое имя им дать.

Берцелиус также ввел концепцию химических формул. Так как молекула воды представляет собой две части водорода на каждую часть кислорода, Берцелиус представил это отношение как H^2O . Внимательные читатели заметят, что изначальная запись химической формулы отличается от принятой сегодня (H_2O): дело в том, что, в отличие от современных ученых, Берцелиус ставил цифры в верхнем регистре.

Йёнс Якоб Берцелиус.



ВАЛЕНТНОСТЬ

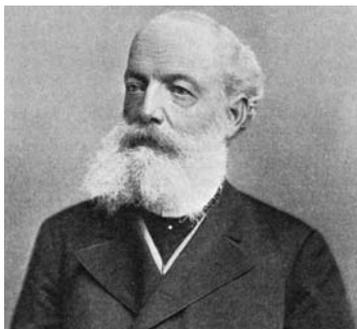
Более ясное представление о том, как элементы связываются в соединения, появилось в 1850-х гг. После обучения у Роберта Бунзена, который в тот момент еще не был так известен, английский химик Эдуард Франкленд начал изучать способность металлов вступать в реакции. Он обнаружил, что металлы всегда объединяются с другими элементами в одних и тех же пропорциях, независимо от того, с чем они реагируют. Не менее важно то, что пропорции не были одинаковыми для всех металлов. Франкленд описал это свойство как некую соединительную силу, более известную сегодня под названием «валентность» (от лат. *valēns* — «имеющий силу»).



Эдуард Франкленд.

Работа Франкленда стала основой для развития теории валентности. Вскоре для каждого элемента было найдено его значение валентности: валентность водорода равна единице, а кислорода — двум. Другими словами, атомы водорода могут связываться только с одним другим атомом; кислород же, в отличие от водорода, одновременно может связываться сразу с двумя атомами, как это происходит, например, в случае с молекулой воды (H_2O). Валентность углерода равна четырем.

В 1858 г. Фридрих Август Кекуле доказал, что способность углерода связываться с четырьмя другими атомами, включая другие атомы углерода, позволяет этому элементу образовывать молекулы, представляющие собой чрезвычайно длинные цепи, разветвленные сети и даже кольца.

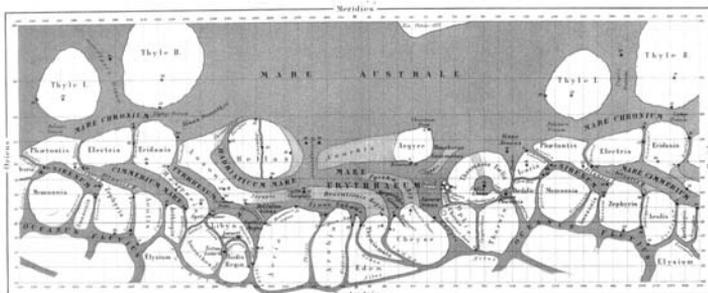


*Фридрих Август Кекуле,
немецкий химик-органик.*

МАРСИАНСКИЕ КАНАЛЫ

В 1877 г. итальянский астроном Джованни Скиапарелли составил карту поверхности Марса, воспользовавшись преимуществом великого противостояния — периода, когда Красная планета находится очень близко к Земле. На его карте были указаны геологические структуры, в том числе равнины и плато с идущими по поверхности *canali*. Хотя это слово и означает «русло» на итальянском языке, в английских версиях карты оно было переведено как *canal*, то есть «искусственный канал». Англосаксонский мир тут же ухватился за мысль, что на Марсе жили очень трудолюбивые инопланетяне — и началась гонка по обнаружению этих соседей, которых мало кто считал дружелюбными. Руководил работой промышленник Персиваль Лоуэлл, построивший целую обсерваторию на Марсианском холме во Флагстаффе, штат Аризона. Его сотрудники не обнаружили инопланетян, зато нашли первые важные свидетельства о расширяющейся Вселенной и открыли Плутон, который чуть было не назвали Персивалем, — девятую планету Солнечной системы (по крайней мере, на некоторое время). Сегодня на поверхности Марса никто не видит никаких каналов; похоже, Скиапарелли видел кровеносные сосуды его собственной сетчатки, отраженные в окуляре.

Карта Марса Джованни Скиапарелли.



Химические вещества, производимые живыми организмами (органические молекулы), всегда построены на углероде, и термин «органическая химия» стал более широким: теперь он обозначал практически любое вещество с углеродом в составе. Из 10 млн описанных химиками молекул более 90 % имеют органическую природу, и все это стало возможным благодаря прозрению Кекуле о соединительной силе углерода, которое пришло к нему, пока он ехал в автобусе по южной части Лондона.

КОНГРЕСС В КАРЛСРУЭ

В 1860 г. Кекуле был одним из организаторов международного собрания химиков в немецком городе Карлсруэ. Конгресс в Карлсруэ предоставил ученым возможность обмениваться идеями и найти новые области для исследований. В числе спикеров был некий итальянец Станислао Канниццаро, который выступил с докладом о работе Амедео Авогадро. Как ни парадоксально, но доклад Канниццаро вызвал гораздо больший интерес, чем работа самого Авогадро за 50 лет до этого.

Метод Авогадро, в конечном итоге переименованный в закон Авогадро, позволил химикам рассчитать относительные атомные массы открытых элементов, которых в то время было 59. Следующим логичным шагом стало составление системы элементов в соответствии с их массой — и вскоре были найдены некоторые закономерности. Например, в 1865 г. английский химик Джон Ньюлендс заметил, что валентность и атомная масса образуют группы по семь элементов в каждой. Он назвал это законом октав и даже организовал элементы по аналогии с нотами, чтобы проиллюстрировать, как постепенно меняются свойства от первого элемента к седьмому. Восьмой же элемент был своеобразным повторением первого, как и восьмая нота октавы повторяет первую. Ньюлендс расписал систему вплоть до такого тяжелого металла, как таллий, но не смог дальше поддерживать гармонию своей гипотезы.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Когда за систематизацию известных элементов взялся один русский химик, их количество уже приближалось к 70. Работая над этим вопросом, он перекладывал карточки с характеристи-

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ											
Период	Группа	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ					ЭЛЕМЕНТЫ				
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0	
1	I	H ¹ 1,008								He ² 4,003	
2	II	Li ³ 6,940	Be ⁴ 9,02	B ⁵ 10,82	C ⁶ 12,010	N ⁷ 14,008				Ne ¹⁰ 20,183	
3	III	Na ¹¹ 22,997	Mg ¹² 24,32	Al ¹³ 26,97	Si ¹⁴ 28,09	P ¹⁵ 30,98				Ar ¹⁸ 39,944	
4	IV	K ¹⁹ 39,096	Ca ²⁰ 40,08	Sc ²¹ 45,10	Ti ²² 47,90	V ²³ 50,95	Cr ²⁴ 52,01	Mn ²⁵ 54,93	Fe ²⁶ 55,85	Co ²⁷ 58,94	Ni ²⁸ 58,69
	V	Cu ²⁹ 63,57	Zn ³⁰ 65,38	Ga ³¹ 69,72	Ge ³² 72,60	As ³³ 74,91	Se ³⁴ 78,96	Br ³⁵ 79,916			Kr ³⁶ 83,7
5	VI	Rb ³⁷ 85,48	Sr ³⁸ 87,63	Y ³⁹ 88,92	Zr ⁴⁰ 91,22	Nb ⁴¹ 92,91	Mo ⁴² 95,95	Ma ⁴³ —	Ru ⁴⁴ 101,7	Rh ⁴⁵ 102,91	Pd ⁴⁶ 106,7
	VII	Ag ⁴⁷ 107,88	Cd ⁴⁸ 112,41	In ⁴⁹ 114,76	Sn ⁵⁰ 118,70	Sb ⁵¹ 121,76	Te ⁵² 127,61	J ⁵³ 126,92			Xe ⁵⁴ 131,3
6	VIII	Cs ⁵⁵ 132,91	Ba ⁵⁶ 137,36	La ⁵⁷ 138,92	Hf ⁷² 178,6	Ta ⁷³ 180,88	W ⁷⁴ 183,92	Re ⁷⁵ 186,31	Os ⁷⁶ 190,2	Ir ⁷⁷ 193,1	Pt ⁷⁸ 195,23
	IX	Au ⁷⁹ 197,2	Hg ⁸⁰ 200,81	Tl ⁸¹ 204,39	Pb ⁸² 207,21	Bi ⁸³ 209,00	Po ⁸⁴ 210				Rn ⁸⁶ 222
7	X	Ra ⁸⁸ 226,05	Ac ⁸⁹ 227	Th ⁹⁰ 232,12	Pa ⁹¹ 231		U ⁹² 238,07				

ЛАНТАНЫ				
Ce ⁵⁸ 140,13	Pr ⁵⁹ 140,92	Nd ⁶⁰ 144,27	—	
Th ⁹⁰ 232,04	Dy ⁶⁶ 162,50	Ho ⁶⁷ 164,93	Er ⁶⁸ 167,27	

ДБЛ 58-71		
Sm ⁶² 150,43	Eu ⁶³ 152,07	Gd ⁶⁴ 157,25
Tu ⁶⁹ 168,93	Yb ⁷⁰ 173,05	Cp ⁷¹ 174,97

Ранняя версия периодической таблицы Менделеева.

ками элементов, как карты в пасьянсе. В отличие от Ньюлендса, он охарактеризовал группы элементов не как октавы, а как периоды, потому что свойства повторялись, или, иначе говоря, были периодическими.

Этим химиком был Дмитрий Менделеев — пожалуй, самый известный химик в истории (хотя конкуренция здесь не так высока). Он тоже сталкивался с проблемами, потому что работал с неполным набором элементов и не знал, как лучше поступить: заполнить пробелы своими предположениями или оставить пустыми. В конце концов он сделал и то и другое, создав боковую группу с такими металлами, как золото, медь и никель, которые, казалось, никуда не подходили. В собранном виде периоды стали рядами, как карты в пасьянсе, и образовали столбцы, которые Менделеев назвал группами. Элементы в периоде располагались по увеличению атомной массы; валентность же сначала росла от I до IV, а затем снова снижалась до I. В следующем периоде все было расставлено



Дмитрий Менделеев.

таким же образом. У элементов одной группы была одинаковая валентность (I — для первой группы, II — для второй и так далее), но сильно различалась атомная масса.

Менделеев впервые опубликовал периодическую таблицу в 1869 г., но на протяжении еще нескольких десятилетий дорабатывал ее — по мере актуализации данных. Однако с самого начала он смог предсказать атомную массу и валентность еще не обнаруженных элементов, которые должны были заполнить пробелы. Кроме того, он определил их плотность, температуру кипения и плавления

и даже цвет. Снова и снова эти предсказания сбывались, заполняя периодическую таблицу элементов. Потребовалось рождение квантовой физики, чтобы объяснить, почему его таблица работает так хорошо, но она работала безупречно.

СТАНДАРТНОЕ ВРЕМЯ

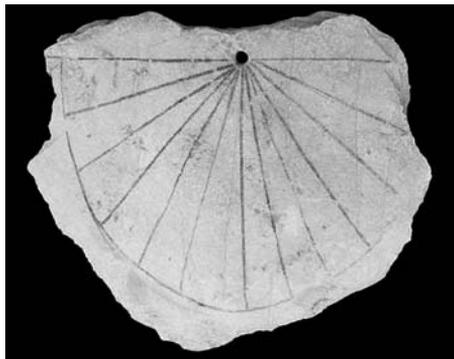
Время, а особенно его измерение — важная часть многих событий повседневной жизни. Мы полагаемся на часы, чтобы рассчитывать свое ежедневное расписание, и считаем самим собой понимающим, что наши часы совпадают со всеми другими. Так происходит благодаря всемирному стандарту времени, который существует с 1884 г. и основан на открытии принципов работы Солнечной системы, Земли, движения и энергии.

ЧТО ТАКОЕ ВРЕМЯ

Время — один из самых сложных объектов научного исследования. Все знают, что это такое, но объяснить это очень трудно. Время часто называют четвертым измерением наряду с тремя измерениями пространства — длиной, шириной и глубиной. Но если эти три измерения описывают размер, форму объекта и его расположение в пространстве, то время фиксирует изменения формы и местоположения. Все вещи имеют свое место как в пространстве, так и во времени.

В 1850–1860-х гг. Рудольф Клаузиус представил концепцию энтропии для описания поведения энергии. Она стала известна как второе начало термодинамики, которое утверждает, что энтропия системы имеет тенденцию к возрастанию. Под «системой» может подразумеваться что угодно — от обычных предметов вроде чайника до звезды или целой галактики. Увеличение энтропии озна-

Людям всегда нужно было измерять время. Эти древнеегипетские солнечные часы, датированные примерно 1500 г. до н. э., делят день на 12 частей.





Рудольф Клаузиус.

энергия) перестало двигаться; просто выходящее из чайника тепло приходит в равновесие с теплом, движущимся в него, поэтому в целом изменений температуры больше нет, как нет и изменений энтропии. Это относится к самому существу понимания энтропии как результата случайного, непредсказуемого процесса. Энергия не имеет направления; она просто, что статистически более вероятно, перемещается из области высокой энергии в область низкой. Ситуация, при которой тепло перемещается из окружающей среды в горячий чайник и нагревает

Горячий чай всегда остывает и никогда не нагревается.



чает, что беспорядок в системе увеличивается, или, говоря по-другому, энергия в системе становится менее концентрированной.

Возьмем для примера чайник, в котором заваривается горячий чай. У него низкая энтропия, потому что внутри сконцентрировано много тепла. Медленно, но неуклонно тепло из него будет уходить, что, таким образом, сделает окружающую среду теплее, а чайник — холоднее. В конце концов чай достигнет той же температуры, что и окружающая среда. Так происходит не потому, что тепло (или

его еще больше, не нарушает никаких законов термодинамики, но она настолько маловероятна, что никогда не произойдет.

ВРЕМЕННАЯ СТРЕЛА

Энергия распространяется только случайно. Со временем чайник рассыпется в пыль, звезда перестанет существовать, а галактика рассеется в облако пыли и газа. Насколько нам известно, именно увеличение энтропии и есть то, что определяет направление времени. Оно всегда идет

Астролябию можно использовать для определения времени по положению звезд.

вперед, потому что оно — результат изменений в системах (чайнике или галактике), вызванных энтропией, а энтропия никогда не перестает нарастать. Вот почему мы не можем заставить время идти в другом направлении и, например, стать моложе.

В 1900-х гг. Эйнштейн объединил время и пространство в новой модели Вселенной, и ученые все еще размышляют над тем, что это говорит нам о времени. Однако в древние

времена интересы людей были сосредоточены в основном на вопросах жизни, смерти и загробной жизни. Часы и календари изобрели не ученые, а земледельцы и жрецы. Земледельцев интересовало, когда лучше сеять и собирать урожай, поэтому они считали дни и наблюдали за звездами, которые за год совершали полный круг по небу. Часто важные дни сельскохозяйственного календаря имели и религиозное значение, но помимо этого жрецы хотели знать, в какое время дня им следует совершать ритуалы и молиться. День был разделен на удобные единицы, называемые часами: 10 — для часов дневного света, по одному часу — для рассвета и заката (итого 12 часов днем) и еще 12 — для ночи. Для большей точности час был поделен на



Старинные солнечные часы.

единицы поменьше — минуты; а минута, в свою очередь, состоит из еще более мелких единиц — секунд (от лат. *secunda divisio* — «второе деление часа»). Такое деление на 60 частей использовали древние вавилоняне, и эта система так хорошо прижилась, что используется до сих пор.



ДЕНЬ ЗА ДНЕМ

Дни имели четкое начало и конец — от восхода до заката, но промежуток между ними менялся в зависимости от времени года. Единственной фиксированной точкой был полдень, когда солнце находится в зените точно в середине дня. Будучи экспертами по времени, часовщики каждый день наблюдали за положением солнца и использовали его наивысшие точки для перекалибровки своих часов.

Коперник доказал, что движение солнца по небу — результат вращения Земли с запада на восток, и поэтому в разных местах Земли полдень наступает в разное время. На востоке полдень наступает раньше, чем на западе; например, в Бристоле (на западе Англии) полдень наступает примерно на 10 минут позже, чем в Лондоне.

Падающий красный шар использовали, чтобы отметить полдень в Гринвичской обсерватории в Лондоне.

Но это не создавало никаких проблем, пока в 1830-х гг. между этими городами не построили железную дорогу. Полуденный поезд из Лондона шел 2 часа, но прибывал в 13:50 по местному времени. Во избежание путаницы на железных дорогах стали использовать стандартное время, установленное Гринвичской обсерваторией. Теперь полдень наступал одновременно на каждой железнодорожной станции Англии.

ЧАСОВЫЕ ПОЯСА

Устанавливать одно и то же стандартное время на большой территории непрактично. Каждые 15 градусов окружности Земли (параллельно экватору) приводят к разнице в час. В 1883 г. США были разделены на четыре часовых пояса — примерно по 15 градусов каждый. В следующем году на конференции в городе Вашингтоне почти все мировые державы согласились установить единый нулевой меридиан, приняв за точку отсчета меридиан, проходящий через главный телескоп Гринвичской обсерватории — так время во всех 24 временных зонах стало отмеряться от лондонского. Сегодня мы по-прежнему определяем часовые пояса по этой системе, хотя используем уже более точный стандарт определения времени.

РАДИОАКТИВНОСТЬ И ИЗЛУЧЕНИЕ

Приближались 90-е гг. XIX в., и физика все больше превращалась в изучение невидимых явлений, которые, казалось, таинственным образом распространялись по космосу. Началось это с теории электромагнитного поля Джеймса Клерка Максвелла, из которой следовало существование электромагнитных волн, — и многие невидимые явления стали рассматриваться как волны, или излучение. Позже физики обнаружат, что исследуют целый ряд явлений, происходящих из свойств атома, но имеющих совершенно разные характеристики. Но терминология уже закрепилась, и это часто вносит путаницу и приводит к заблуждениям и необоснованным опасениям.

КАТОДНЫЙ ЛУЧ

Первое из этих невидимых явлений можно было наблюдать, просто выключив свет. В начале 1870-х гг. английский физик Уильям Крукс переработал вакуумную трубку так, чтобы она содержала в 10 000 раз меньше газа, чем трубка Гейслера, созданная за 20 лет до этого. Также она позволяла пропускать гораздо большее напряжение между двумя электродами — отрицательным катодом и положительным анодом, установленными внутри вытянутой стеклянной трубки.



*Катодное свечение
в трубке Крукса.*

Уильям Крукс.

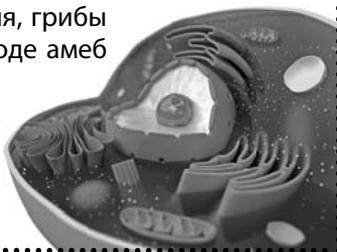


В затемненной комнате трубка Крукса светилась совсем не так, как трубка Гейслера. Область рядом с катодом оставалась темной, а жуткое зеленое свечение усиливалось по мере приближения к аноду. Свет проходил мимо анода, и его сияние распространялось вне трубки. У света всегда было определенное направление от катода к аноду, при этом никогда излучение

ДВА ТИПА КЛЕТОК

Микробиология всегда была ограничена мощностью микроскопов, и только в 1880-х гг. их разрешение стало достаточно высоким, чтобы с уверенностью дифференцировать структуры внутри клеток как органеллы с определенной анатомией и функциями. В 1890 г. немецкий патолог Рихард Альтман сообщил, что видел некие «биобласты», известные сегодня как митохондрии. Именно в этих капсулоподобных структурах происходит дыхание: клетка окисляет глюкозу, образуя углекислый газ и воду с выделением энергии.

Эта важнейшая органелла, без которой не могла бы существовать ни одна клетка нашего организма, стала яркой границей между двумя типами форм жизни. У эукариот большие и сложные клетки с ядром, митохондриями и другими органеллами; к ним относятся люди и все животные, а также растения, грибы и одноклеточные организмы вроде амёб и простейших. Прокариоты — это бактерии и археи; их клетки в сотни раз меньше и без четко выраженных органелл.



не распространялось во все стороны. Поэтому это явление было названо катодным лучом, а устройство Крукса — электронно-лучевой трубкой. Через 50 лет электронно-лучевые трубки станут основой для создания телевизоров, но пока они оставались предметом интенсивных исследований. В конце концов они прольют первый свет на новую науку — субатомную физику, но до этого нужно было открыть и другие невидимые лучи.

ИСКРА ОТКРЫТИЯ

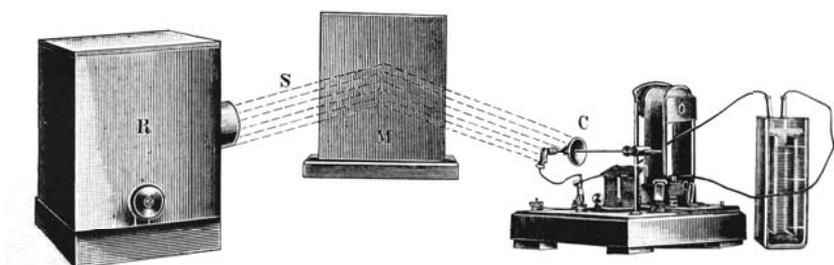
Источник света катодных лучей не соответствовал представлениям об электромагнитных волнах. Уравнения Максвелла описывали световые волны как одновременные колебания в электрическом и магнитном полях. Скорость всех световых волн была одинаковой, и потому чем чаще происходили колебания, тем меньше становилась длина волны. Волны с более высокой частотой переносят больше энергии. Максвелл не был уверен, есть ли верхнее ограничение для энергии излучения, но точно знал, что существуют волны более низкой энергии. Кроме того, он предсказал, что свет может быть получен с помощью электрического тока.

В 1887 г., через десять лет после смерти Максвелла, Генрих Герц создал устройство, сумевшее зафиксировать эти невидимые волны. В нем электрическая искра проскакивала через



зазор между двумя латунными шарами. Помимо создания вспышки видимого света, устройство должно было излучать невидимое электромагнитное излучение. Чтобы обнаружить это, Герц сконструировал простой приемник, представлявший собой проволочное незамкнутое кольцо с двумя латунными шариками на концах и искровым промежутком между ними.

Генрих Герц.



Генератор Генриха Герца.

Работая в темноте, Герц увидел крошечную искру в приемнике: невидимые волны излучались от цепи передатчика и создавали слабый ток в приемном кольце.

Это явление поначалу называли волнами Герца, но вскоре оно стало известно как радио (от слова «радиация»). К 1901 г. итальянец Гульельмо Маркони усовершенствовал радиотехнологию настолько, что смог с помощью азбуки Морзе передать сообщение из Англии в Канаду. Но Герц не был забыт: в честь него была названа единица измерения частоты (количества периодов волны в секунду) — базовой характеристики всех волн и важнейшего фактора в радиотехнологии. Длина периода волн составляет от 0,1 мм до миллионов километров. Следующим будет открыто невидимое излучение, находящееся на противоположном конце спектра.



Гульельмо Маркони с радиоаппаратурой.

РЕНТГЕНОВСКОЕ ЗРЕНИЕ

Следующее открытие было сделано случайно. В 1895 г. немецкий физик Вильгельм Рентген собирался использовать электронно-лучевую трубку (уже более совершенную и мощную модель по сравнению с той, которая была у Крукса). Она еще была



Рентгеновский снимок руки жены Вильгельма Рентгена.

закрыта крышкой, когда Рентген включил ее — и обнаружил, что в его лаборатории засветился экран из светочувствительной бумаги. Рентген назвал явление X-лучами, исследовал его и обнаружил, что эти лучи могут проходить сквозь некоторые твердые объекты. С помощью этих лучей он сфотографировал кости в руке своей жены, которая, как говорят, беспокоилась, увидев уже ставшее классическим изображение призрачных

НОВЫЙ ПАТОГЕН

В 1898 г. голландский микробиолог Мартин Бейеринк исследовал табачную мозаику — заболевание, представлявшее серьезную угрозу для коммерческого производства табака, — и обнаружил, что болезнь была вызвана инфекцией, размер которой был меньше бактерии. Он назвал ее вирусом. Бейеринк не смог выращивать вирусы в лаборатории, поэтому он пришел к выводу, что они размножаются только на живом растении. Еще до 1940-х гг. с помощью рентгеноструктурного анализа стала известна истинная природа вируса: он пред-



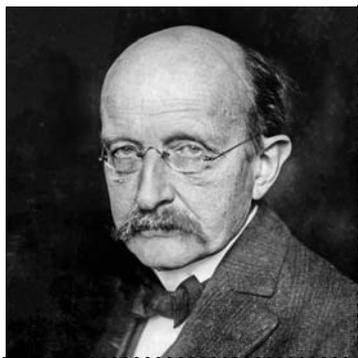
ставляет собой нити дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), покрытые защитной белковой оболочкой. Вирус размножается, используя ресурсы клетки-хозяина для образования множества своих копий, и создает их так много, что клетка разрывается — в этом и содержится основа вирусного заболевания.

Мартин Бейеринк.

ПОСТОЯННАЯ ПЛАНКА

К 1890-м гг. стало ясно, что теория электромагнетизма, описанная Джеймсом Клерком Максвеллом, не совсем корректна. Частота самого интенсивного излучения, испускаемого объектами, увеличивалась с повышением температуры. Тело человека имеет температуру около $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ и излучает только инфракрасный свет, а раскаленная яркая звезда излучает видимый свет (частота которого больше), поскольку она гораздо горячее. Математика, описывающая эти явления, предполагает, что горячие тела должны излучать гораздо больше ультрафиолета и рентгеновских лучей. Немецкий физик Макс Планк сопоставил математическую модель с наблюдаемым излучением и выделил минимальную порцию энергии — квант. Энергия не вытекает из предметов, как вода из кувшина: она выходит в виде последовательности квантов, имеющих особую и неизменную величину. Так родилась квантовая физика.

Макс Планк.



белых костей на черном фоне. Вскоре рентгеновские аппараты начали использовать для выявления переломов, а в 1898 г. британская армия взяла мобильные рентгеновские установки на поле битвы в Судане.

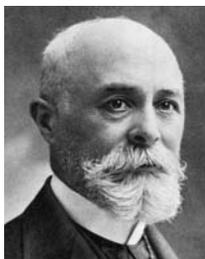
В то время никто не знал о том, что проникающая способность рентгеновских лучей — результат их огромной энергии, превышающей энергию ультрафиолета, и эта энергия представляет опасность для жизни и здоровья. Однако очень скоро будет обнаружен совершенно другой вид излучения, который окажется еще более смертоносным.

РАДИОАКТИВНОСТЬ

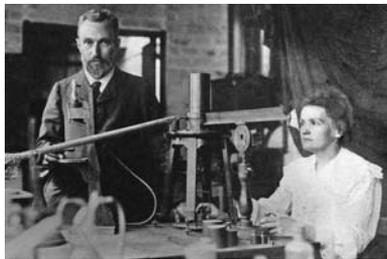
Некоторые минералы светятся в темноте после воздействия яркого света. Сегодня мы знаем, что у этого явления множество различных причин, но в 1896 г. французский профессор физики Анри Беккерель задался вопросом, связано ли это свечение с рентгеновскими лучами. Он заворачивал разные минералы в бумагу, клал их на фотопластинку и ждал, не затуманится ли пластина от излучения, — но ничего не происходило. Однажды он сделал то же самое с уранилсульфатом калия (в состав которого входит уран) — предшественником ядерного топлива. В то время уран считался безвредным тяжелым металлом, который придает глиняной и стеклянной посуде приятный желто-зеленый цвет. Но вскоре все изменится.

Уранилсульфат засветил фотопластину. Беккерель провел опыты с другими урановыми соединениями и обнаружил, что все они излучают лучи, впоследствии получившие название «лучи Беккереля». Несколько лет спустя польская исследовательница и студентка Беккереля Мария Кюри назвала это явление радиоактивностью. Она показала, что радиоактивность проявляется у некоторых элементов, самые распространенные из которых — уран и торий. Кюри неустанно работала над извлечением из урановых минералов крошечных количеств других радиоактивных элементов, таких как полоний и радий.

В 1898 г. молодой новозеландец Эрнест Резерфорд, работавший в Кембриджском университете, усомнился, что лучи Беккереля имеют ту же природу, что и радиоволны, свет и рентгеновские лучи. Резерфорд обнаружил, что радиоактивный металл испускает два типа излучения, которые он назвал α - и β -лучами. В 1900 г. француз Поль Виллар обнаружил третий тип излучения, который он добавил к общему списку под на-



Анри Беккерель.



Пьер и Мария Кюри.

званием « γ -излучение». Позже окажется, что только третий тип радиоактивного излучения принадлежит к электромагнитному спектру, а два других являются вовсе не волнами, а потоками частиц, размер которых меньше атома.

ЭЛЕКТРОН

Круг открытый снова замкнулся на катодном луче, остававшемся загадочным даже после откровений 1890-х гг. Физики знали, что луч, как и электромагнитные волны, существует в вакууме, но в отличие от них он течет, как газ, и взаимодействует с магнитным полем, как металл. Точнее всего его описывал термин «лучистая материя».

Генрих Герц обнаружил, что электрические поля не влияют на катодные лучи. Но в 1897 г. английский ученый Джон Джозеф Томсон повторил эксперимент, используя более точное оборудование, — и оказалось, что лучи все-таки взаимодействуют с электричеством (до этого в трубках оставалось слишком много газа, чтобы можно было заметить этот эффект).

Томсон показал, что лучи отклоняются в сторону положительного заряда — значит, сами они были заряжены отрицательно. Он пришел к выводу, что катодные лучи на самом деле являются потоком частиц. Чтобы вычислить размер этих частиц, он сравнивал, насколько сильно они отклоняются в магнитном поле. Результаты оказались поразительными: частицы в катодных лучах были в 1800 раз легче самого легкого атома — атома водорода. Томсон назвал их электронами, и это была первая открытая субатомная частица. Связь между электричеством и электроном неоспорима, поскольку частицы, по-видимому, были вырваны из катода. Очень скоро выяснилось, что β -излучение — это и есть поток электронов. Также было обнаружено, что радиоактивные элементы испускают электроны. Частицы α -излучения оказались гораздо тяжелее электронов (почти в 4000 раз) и были заряжены положительно. Эти два открытия в конечном итоге раскрыли электромагнитную природу атомов.



Дж. Дж. Томсон.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД

Люди уже давно догадывались, что звезды бывают разные: одни светят ярче остальных, другие отличаются мерцанием, а третьи известны своим характерным блеском — красным, желтым или синим. К 1860-м гг. работы по спектроскопии, впервые предложенные Густавом Кирхгофом, позволили астрономам гораздо глубже изучать звездный свет. Полученные рисунки — спектры длины волн — показывали, какие химические элементы присутствуют в составе исследуемых звезд, и давали портрет каждого светила.

Первым из этого сумел извлечь пользу итальянский астроном и священник Анджело Секки. Сначала он выделил три класса звезд: в I класс входили голубые и белые звезды, спектр которых показывал большое количество водорода; ко II классу относились желтые и оранжевые звезды, чей спектр свидетельствовал о наличии целого ряда металлов; III класс составляли оранжевые и красные звезды, спектр которых показывал большое разнообразие присутствующих элементов. В 1868 г. Секки добавил IV класс, в который вошли красные звезды с признаками углерода. Звездная классификация Секки совершенствовалась в течение 50 лет и раскрыла многие тайны космоса.

КАТАЛОГ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Звездные карты жили и умирали в зависимости от своей точности, иллюстрируя историю астрономических открытий, пока им на смену не пришли более точные инструменты — каталоги звездного неба. На подготовку каталога Генри Дрейпера, составленного в обсерватории Гарвардского колледжа под руководством Эдварда Пикеринга, потребовалось более 30 лет (1886–1918). Пикеринг создал эмпирическую систему для измерения яркости — звездной величины, — а также фотографировал спектр каждой наблюдаемой звезды для детального анализа.

Вычислять данные Пикерингу помогала группа женщин-математиков, которые выполняли свою работу более эффек-

*Звездные карты прошли
большой путь развития
со времен выхода этой
голландской карты созвездий
в XVII в.*



тивно по сравнению с сотрудниками противоположного пола. Их называли «гаремом Пикеринга» и «гарвардскими компьютерами», и некоторые из этих женщин сделали огромные открытия. Например, Генриетта Суон Ливитт добавила решающую деталь в мозаику расширяющейся Вселенной (впрочем, об этом позже), а Энни Джамп Кэннон считается ведущим ученым в создании гарвардской спектральной классификации.

Кэннон получила задание классифицировать 220 000 звезд, которые необходимо было внести в каталог в 1896 г. К тому времени процесс застопорился: команда никак не могла договориться, как действовать дальше. Антония Мори предлагала классифицировать звезды по температуре и их спектральным цветам, в то время как Пикеринг и более старшие участницы хотели расширить систему Секки до 17 классов. В результате Мори отказалась выполнять эту работу и покинула проект, а ее место заняла Энни Кэннон. На тот момент в классификации использовались 17 букв, но Кэннон сократила их количество до девяти:

- A, B, F, G, K, M и O — для обозначения классов звезд;
- P и Q — для специфических характеристик.

Классы выделялись на основе наличия и интенсивности эмиссионных линий водорода, и когда Кэннон организовала их в соответствии с температурой, буквы выстроились в следующем порядке: O, B, A, F,



Энни Джамп Кэннон.



Эдвард Пикеринг с «гарвардскими компьютерами».

Г, К и М. Для запоминания этого порядка было придумано множество мнемонических выражений, одно из них — «**Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me**» (от англ. «О, будь хорошей девочкой, поцелуй меня»). Позже Кэннон добавила цифровую шкалу от 0 до 9 для указания температуры в порядке ее убывания.

В 1943 г. йеркская классификация добавила к системе Кэннон учет светимости, связанный с размером и яркостью звезды. Этот параметр обозначается римскими цифрами после гарвардских символов. Например, Солнце — звезда G2V, то есть желтый карлик с температурой поверхности около 5800 К.

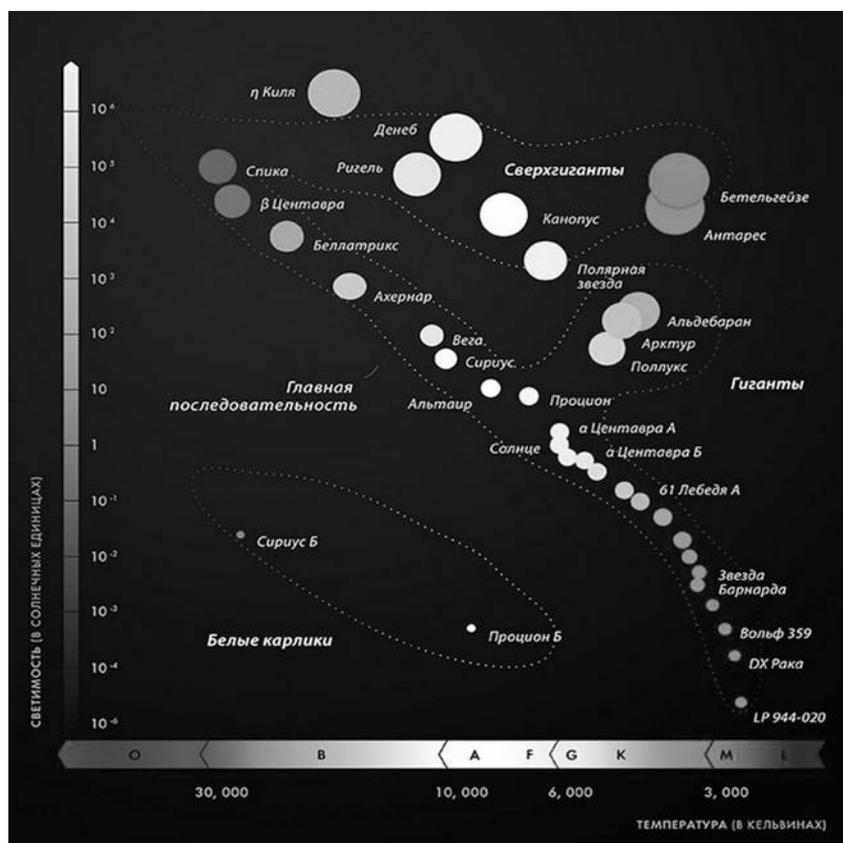
ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

Работая независимо друг от друга, два астронома — датчанин Эйнар Герцшпрунг и американец Генри Норрис Рассел — пришли к новому подходу в понимании диапазона типов звезд. Они оба нанесли на график величины (яркости) звезд относительно их температуры. Оказалось, что эти данные не были разбросаны случайно. Вместо этого диаграмма Герцшпрунга — Рассела (Г — Р), опубликованная в 1913 г., показала, что большинство звезд, включая Солнце, образуют главную последовательность, которая идет по направлению от горячих и ярких звезд (синих и белых) к холодным и тусклым (оранжевым и красным). Звезды главной последовательности гораздо

меньше гигантских и сверхгигантских звезд, расположенных наверху диаграммы. В левом нижнем углу, под главной последовательностью, располагается кластер из горячих, но слабых звезд — это обнаруженные в 1914 г. белые карлики, ядра давно умерших звезд главной последовательности.

Диаграмма Г — Р стала картой, указавшей путь к исследованиям законов формирования разных звезд и возникновения Вселенной в целом.

Диаграмма Герцшпрунга — Рассела группирует звезды по размеру, температуре и яркости.



ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ: ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ЭЙНШТЕЙНА

На рубеже XX в. физика (а вместе с ней и остальная наука) столкнулась с огромными противоречиями, которые упорно игнорировались большинством ученых. Последние верили, будто бы физика уже разрешила все тайны Вселенной; они считали, что уже получили ответы на все интересовавшие вопросы, а расхождения между теорией и экспериментами, по их мнению, возникали из-за неточностей в расчетах. Как известно, Альберт Эйнштейн с таким подходом не согласился.

В 1905 г. он, 26-летний клерк, живший в швейцарском городе Берне, опубликовал четыре научные статьи. Этот год стал известен как его *annus mirabilis*, или «год чудес», потому что все открытия оказались переломными, и каждое было достойно Нобелевской премии. Она была присуждена Эйнштейну в 1921 г. за описание фотоэлектрического эффекта, который помог поднять завесу тайны над структурой атома. Кроме того, он предположил, что броуновское движение является свидетельством существования атомов, — и это стало первым наблюдаемым



*Альберт Эйнштейн
в молодости.*

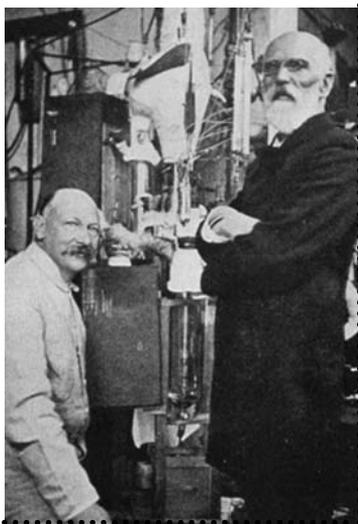
доказательством атомарной структуры вещества. В-третьих, Эйнштейн связал массу (m) с энергией (E) в своем знаменитом уравнении $E = mc^2$. Четвертая статья касалась c — скорости света, и эта таинственная величина была причиной большой проблемы, которая и определила работу Эйнштейна. Его ответом стала теория относительности.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

В 1908 г. голландский физик Хейке Камерлинг-Оннес впервые в истории охладил газообразный гелий до жидкого состояния. Гелий — самый неактивный элемент, он имеет самую низкую температуру кипения. Камерлинг-Оннес снизил температуру в аппарате до уровня ниже температуры космического пространства, достигнув 1,5 K (-272 °C), чтобы собрать крошечные капли жидкого гелия.

В 1911 г. Камерлинг-Оннес повторно применил свою технику глубокой заморозки — на этот раз для исследования свойств других материалов. Он заморозил ртуть — металл, обладающий жидким агрегатным состоянием при комнатной температуре, — и составил график изменений ее электрического сопротивления при падении температуры. Ученый обнаружил, что при 4,2 K (-269 °C) сопротивление ртути исчезло и она стала проводить электричество с идеальной эффективностью. Это явление было названо сверхпроводимостью. Камерлинг-Оннесполучил Нобелевскую премию 1913 г. за это открытие, и оно стало основой будущих технологий.

Хейке Камерлинг-Оннес (сидит слева) за работой.

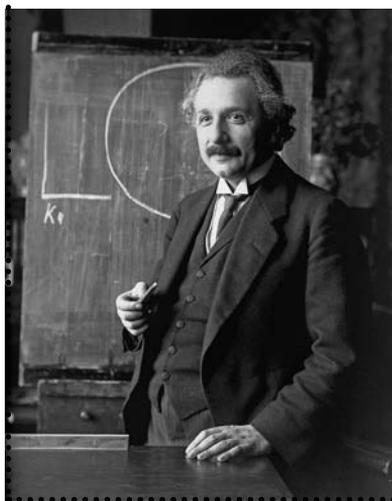


ПРОТИВОРЕЧИЯ УЧЕНЫХ

Проблема, с которой столкнулся Эйнштейн, заключалась в противоречии между работами двух великих физиков предыдущих поколений: законами движения Исаака Ньютона и законами электромагнетизма Джеймса Клерка Максвелла.

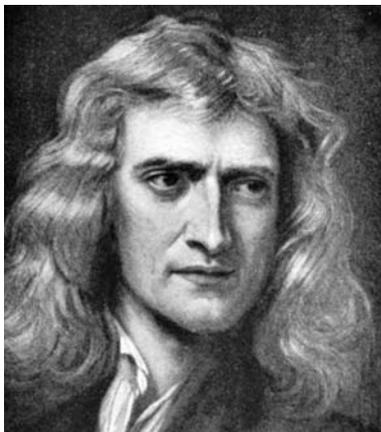
АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН (1879–1955)

Альберт Эйнштейн родился в Германии, но большую часть своей юности провел в Швейцарии. В школе он не входил в число лучших учеников и часто подвергался наказаниям со стороны учителей. Они и не знали, что он уже опередил их, интересуясь идеями пространства и времени. В молодости Эйнштейн попытался сделать карьеру учителя, но не достиг успеха. К 1904 г. он женился, стал отцом и устроился в патентное бюро в Берне, чтобы содержать семью. После успеха своих работ 1905 г. Эйнштейн был принят в академические круги и в конце концов обосновался в Берлине, где он представил свою общую теорию относительности в 1916 г. Будучи евреем по происхождению, в 1933 г. Эйнштейн был вынужден переехать в Соединенные Штаты, подалее от нацистской угрозы. Оставшиеся годы он работал в Принстонском университете, в основном пытаясь связать относительность с квантовой механикой. Ему так и не удалось это сделать, и этот квест продолжается до сих пор.



Альберт Эйнштейн читает лекцию в Вене в 1921 г.

Портрет Исаака Ньютона.



Ньютон описывал природу с точки зрения материи, движущейся подобно часам: каждое движение одного объекта может быть измерено относительно другого. Например, автомобили, движущиеся бок о бок с одинаковой скоростью 10 м/с, не двигаются относительно друг друга — их относительная скорость составляет 0 м/с. Однако две машины, движущиеся навстречу друг другу со скоростью 10 м/с каждая, имеют относительную скорость 20 м/с.

Теории Максвелла связаны с совершенно другой частью природы — электрическими и магнитными полями. Максвелл показал, что свет — это колебание, проходящее через эти поля, а его математические расчеты доказали постоянство скорости света.

Это привело к противоречиям между двумя вышеупомянутыми теориями. Максвелл утверждал, что свет, излучаемый фарами одного автомобиля, движется к приближающейся машине с постоянной скоростью света; однако, согласно законам Ньютона, относительная скорость двух автомобилей должна повлиять на скорость световых лучей. Проблема заключалась в том, что никто не мог измерить изменение относительной скорости света: свет всегда двигался с одинаковой скоростью, даже когда его источник двигался к наблюдателю или от него. И Эйнштейн хотел знать, почему так происходит.

МЫСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В 16 лет Эйнштейн задался вопросом: «Что бы я увидел, если бы сидел на луче света?» Допустим, Эйнштейн путешествует со скоростью света. По законам Ньютона, идущий навстречу Эйнштейну свет достигал бы его глаз с удвоенной скоростью. Оглядываясь назад, Эйнштейн вообще ничего бы не видел, потому

что свет позади него никогда не смог бы его догнать. Возможно, это был один из первых мысленных экспериментов Эйнштейна, и впоследствии именно они помогут сформулировать теорию относительности.

В одном мысленном эксперименте человек по имени Боб ждет поезд. Наступает ночь, на платформе включается фонарь. Боб измеряет скорость светового луча, движущегося вдоль платформы. Мимо проезжает поезд со скоростью, близкой к скорости света. В нем другой наблюдатель, Белль, тоже измеряет скорость света от того же фонаря на платформе. Ньютоновская механика утверждает, что луч света будет обгонять поезд, но мимо платформы он будет проходить гораздо быстрее. Однако Белль получает то же значение скорости света, что и Боб.

Чтобы объяснить, почему так происходит, Эйнштейну пришлось подвергнуть сомнению самые базовые наши знания о природе. Скорость — это расстояние, пройденное за единицу времени. Скорость света постоянна, потому что время течет с разной скоростью, а размеры пространства уменьшаются и расширяются. Объекты, движущиеся быстрее в пространстве, движутся медленнее во времени. Так, часы на платформе и в поезде не будут идти с одинаковой скоростью: часы Боба тикают как обычно, но часы Белль идут для него очень медленно.

При этом Белль не замечает никакого замедления времени. Естественные колебания, которые мы используем для отсчета времени, — колебание маятника, колебание кристалла кварца или колебания энергии в атоме — это явления, подчиняющиеся универсальным законам. А эти законы, согласно теории относительности, остаются неизменными внутри системы отсчета.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

После более десяти лет разработки и отшлифовки Эйнштейн наконец опубликовал общую теорию относительности в 1916 г. Она объединила его более ранние идеи о сжатии и расширении пространства-времени с энергией. Энергия (это понятие включает и массу, которая является формой сильно конденсированной энергии) искривляет пространство и время. Мы



Джеймс Клерк Максвелл.



Движение и энергия деформируют пространство и время.

можем представить это в трех измерениях как лист резины, в котором образуется выпуклость под весом тяжелого груза. Прямая линия на поверхности этого листа станет изогнутой под действием эффекта деформации массы. Искривленное пространство заставляет меньшие объекты двигаться к более крупным, что аналогично действию гравитации. Согласно Эйнштейну, гравитационное притяжение связано именно с искривлением пространства и времени энергией.

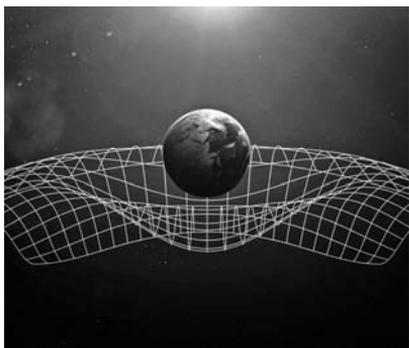
Когда объект движется, его энергия возрастает — проще говоря, он становится тяжелее (или как минимум ведет себя так, как будто он стал тяжелее), поэтому потребуется больше энергии, чтобы разогнать этот «отяжелевший» объект до все более высоких скоростей. Когда скорость объекта приближается к скорости света, он имеет почти бесконечную массу (или ведет себя так, как будто его масса бесконечна). Чтобы разогнать его до реальной скорости света, потребуется бесконечная энергия — а это, очевидно, невозможно. Кроме того, его прохождение во времени замедляется по мере ускорения. Теперь, когда скорость нашего объекта близка к скорости света, он движется во времени настолько медленно, что нам пришлось бы наблюдать за ним бесконечное количество времени, чтобы увидеть, как он достигает скорости света. В результате Эйнштейн заявил, что скорость света — это ограничение скорости в пространстве, и ни один объект, имеющий массу, не может двигаться так быстро.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО

Идеи Эйнштейна были встречены с удивлением и возмущением: для большинства они звучали слишком странно. Затем в 1919 г. английский астроном Артур Эддингтон доказал, что теория относительности верно описывает Вселенную. Он наблюдал полное солнечное затмение — то редкое явление, когда яркий свет Солнца был полностью закрыт, и поэтому были видны более рассеянные слои вокруг него. Эддингтон увидел, что звезды, расположенные на одной линии с краем Солнца, оказались не на своем месте. Огромная масса нашей звезды изгибала пространство вокруг себя, и свет, проходивший мимо Солнца, отклонился от своего прямого пути, поэтому с Земли звезды были видны в других местах на небе.



Фары излучают лучи, которые движутся со скоростью света независимо от скорости движения легковых и грузовых автомобилей.



С тех пор идеи Эйнштейна были подтверждены бесчисленное множество раз. Его теория используется и при изучении черных дыр, и при разработке GPS-навигаторов. В 2016 г. впервые были обнаружены гравитационные волны в пространстве-времени, предсказанные теорией относительности. Теперь они предлагают новый способ изображения Вселенной, который покажет нам то, чего не могут свет и другое излучение.

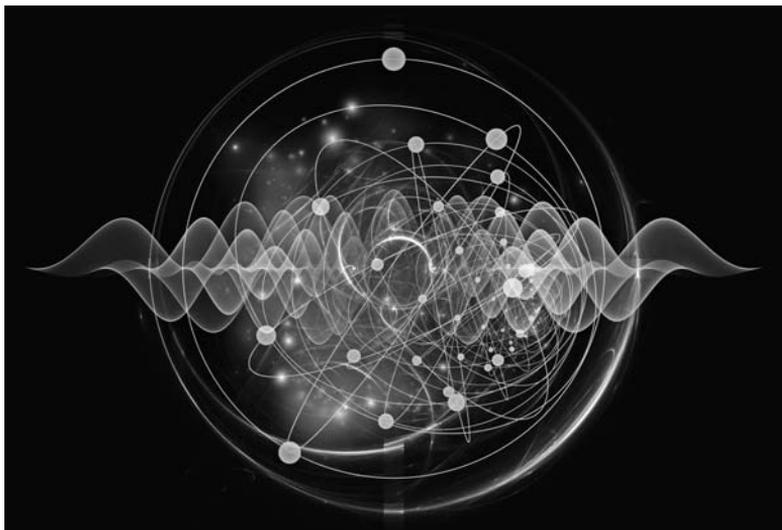
Пространство вокруг массивных объектов деформируется.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Как только стало ясно, что атом — не самая маленькая частица во Вселенной, а состоит из еще более мелких частиц, возник новый вопрос: как они расположены? Дж. Дж. Томсон доказал, что в атомах есть отрицательно заряженные электроны, но в целом атом электрически нейтрален. Других данных не было, и Томсон предположил, что атом состоит из положительно заряженной среды, усеянной отрицательно заряженными электронами, примерно как английский пудинг напичкан изюмом.

«Пудинговая» модель атома осталась в прошлом, когда Резерфорд в 1913 г. доказал существование атомного ядра. Он предложил другую модель атома — в виде орбитальной системы, где электроны, обладающие отрицательным зарядом, вращаются вокруг крошечного положительно заряженного ядра, в котором сосредоточена бóльшая часть массы атома. Еще че-

Такой математический инструмент, как форма волны, помог квантовым физикам исследовать свойства частиц.



рез четыре года Резерфорд нашел источник положительного заряда — протон. Уже тогда было понятно, что протон слишком легок, чтобы объяснить вес атома. Так было сделано очевидное предположение, что существует еще одна субатомная частица — электрически нейтральная, по массе схожая с протоном. Ее назвали нейтроном. Она действительно существует, но выделить ее смогли только в середине 1930-х гг.

АТОМНЫЙ НОМЕР

Природа атома прояснялась еще до этих субатомных открытий. В 1913 г. англичанин Генри Мозли (протее Резерфорда) обнаружил, что он может соотнести длину волны рентгеновского излучения, связанного с электронами атома, с положительным зарядом атомного ядра. Он работал в основном с металлами, и увеличение длины волны рентгеновского излучения было линейным по мере того, как он продвигался от более легких элементов к более тяжелым. Генри Мозли использовал этот факт, чтобы присвоить каждому элементу атомный номер для отображения заряда ядра, начиная с единицы для водорода, двойки для гелия и так далее.

Атомный номер Мозли оказался крайне эффективным способом организации периодической таблицы, поскольку, сам

того не зная, Мозли открыл главное свойство атома. Согласно главной теории того времени, атомы более тяжелых элементов содержат большее число протонов (а это еще только предстояло доказать), поэтому больший заряд более крупных ядер соответствовал большему числу протонов. Отрицательный заряд электрона уравновешива-



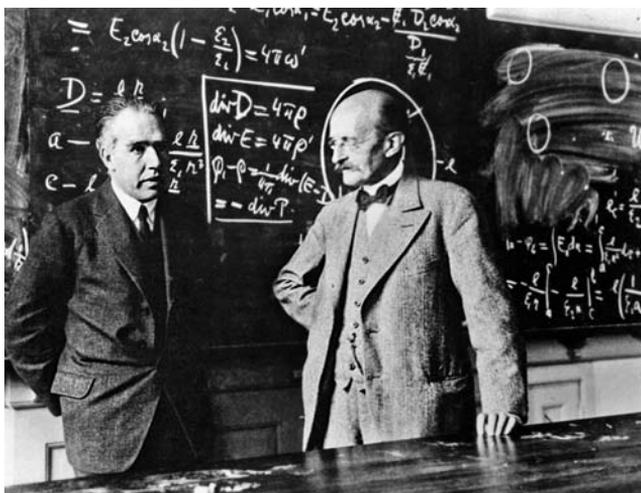
Генри Мозли показал, что каждый элемент имеет уникальный атомный номер.

ется зарядом протона, поэтому число электронов в атоме всегда равно числу протонов. Следовательно, атомный номер действительно совпадает с числом протонов, содержащихся в ядре атома. Мозли не дождался до подтверждения этой простой и изящной модели атома: в 1915 г. на фронте Первой мировой войны его застрелил снайпер, прежде чем он успел завершить свою работу.

КВАНТОВАННЫЙ АТОМ

Другим учеником Резерфорда и коллегой Мозли в Кембридже был датчанин Нильс Бор. Он хотел понять, как движение и положение электронов связаны с тем, как атомы получают и испускают энергию в виде электромагнитного излучения.

Согласно теории Резерфорда, электроны вращаются вокруг ядра атома, как планеты вокруг крошечной звезды. Бор проверял модель, в которой энергия электрона пропорциональна его орбитальной частоте. Орбитальная частота электрона вычисляется из его скорости и расстояния от ядра, и оба эти параметра должны были бы постоянно меняться по мере того, как электрон поглощает энергию и снова излучает ее (например, в виде света). Однако энергию электрона и его орбиту связывала некая константа, и Бор предположил, что она — некото-



Нильс Бор
(слева) и Макс
Планк.

рая часть постоянной Планка, отражающей аналогичную связь между энергией световой волны и ее частотой.

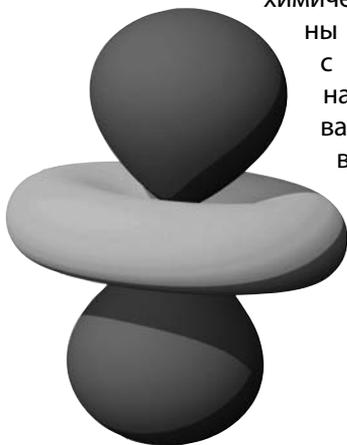
Затем Бор использовал уже известные частоты спектров различных элементов (уникальные для каждого вещества спектры поглощения и излучения) и обнаружил, что математические законы работают только при условии, что электроны занимают определенные области, окружающие ядро, — атом-

ЭЛЕКТРОННАЯ ОБОЛОЧКА

Орбитали атома расположены в различных слоях — электронных оболочках, причем сначала заполняются те оболочки, которые расположены ближе к ядру. Количество электронов в оболочке n всегда равно $2n^2$. Так, первая оболочка может вместить два электрона ($2 \times 1 \times 1$), вторая — восемь ($2 \times 2 \times 2$), третья — 18 и так далее. У самых крупных атомов семь электронных оболочек.

Каждый элемент имеет свое уникальное количество электронов в атомах и уникальную электронную конфигурацию, которая «зашифрована» в периодической таблице: период (строка) указывает, сколько оболочек имеют атомы элемента, группа (столбец) — сколько электронов содержится во внешней оболочке. Во время протекания химических реакций внешние электро-

ны участвуют во взаимодействии с другими атомами, и их число напрямую соответствует понятию валентности, уже практически вышедшему из научного употребления.



Электроны можно понимать как области заряда, которые заполняют пространства вокруг ядра.

ные орбитали. Электрон не может находиться где угодно — он может быть только на одной из орбиталей.

Это связано с тем, что энергия переносится порциями, или квантами. Чтобы электрон «перепрыгнул» с низкой орбитали на более высокую, он должен поглотить определенное количество энергии — квант электромагнитной энергии (фотон). По этой же причине у каждого элемента свой, характерный только для него спектр поглощения: электроны разных атомов могут принимать только энергию своего специфического набора частот.

Поглощая энергию света, электрон преодолевает вечное притяжение положительного ядра и «перепрыгивает» на более далекую орбиту. Возвращаясь на более низкую орбиту, он излучает квант электромагнитного излучения — фотон.

ВОЛНОВЫЕ ФОРМЫ

Свет — это, конечно, волна, но Эйнштейн также показал, что его квантовая природа обусловлена частицами — фотонами. В 1923 г. французский ученый Луи де Бройль предположил, что эта двойственная природа волны-частицы характерна не только для света: через волновые колебания можно описать все субатомные частицы, работающие в крошечных квантовых масштабах. Они не распространялись по Вселенной со скоростью света, но де Бройль вложил в математику колебаний каждое свойство частицы: скорость, вращение, заряд и кинетическую энергию.

Волновая функция как математический инструмент позволила квантовым физикам начать исследовать свойства частиц. В 1925 г. Вольфганг Паули сформулировал принцип исключения (или принцип запрета). Каждый атом имеет конечное число квантовых состояний, которые может занимать электрон, и этот принцип гласит, что в каждый момент времени в каждом квантовом состоянии может находиться только один электрон атома. Позднее этот принцип был распространен на все частицы, которые составляют обычную материю.

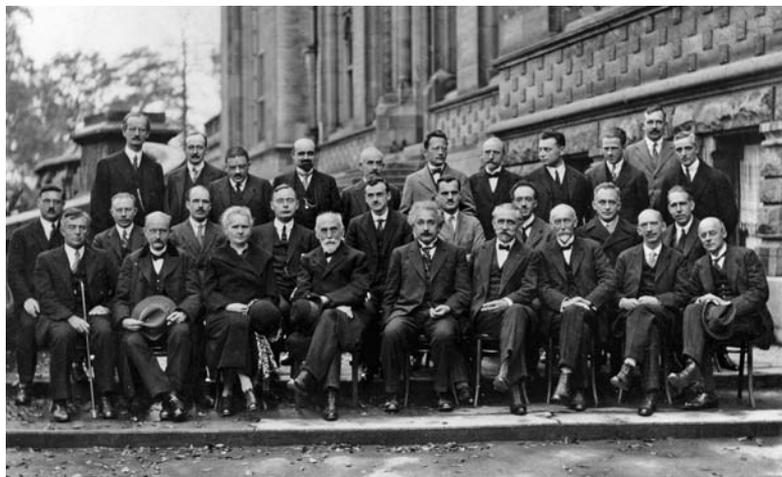
В 1927 г. Джордж Томсон, сын Дж. Дж., превратил математическую идею волновых колебаний в физический факт. Он повторил эксперимент Юнга с двумя щелями (тот самый, который показал, что свет является волной), но вместо света использовал пучок электронов. Будучи частицами, электроны прошли бы

либо через одно, либо через другое отверстие — и это отобразилось бы на детекторе как две четкие полосы. Но вместо этого Томсон увидел, что электроны создали интерференционную картину, похожую на световую волну, — то есть электрон является одновременно и частицей, и волной.

ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В 1927 г. Вернер Гейзенберг, молодой исследователь из нового Института Нильса Бора в Копенгагене, вместе с коллегой по квантовой физике Максом Борном показал, что волновая природа материи является по своей сути вероятностной. Квантовые объекты имеют не постоянные свойства, а обладают определенными шансами нахождения в том или ином состоянии, на что указывает и математика. Получить точные данные о состоянии можно, только измерив его или наблюдая за ним. В этот момент вероятность сменяется определенностью, и квантовая волновая функция коллапсирует. Однако волновая функция связывает вместе несколько свойств, и поэтому, наблюдая за

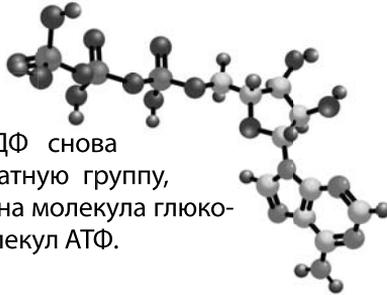
Сольвеевский конгресс 1927 г., в котором принимали участие все основатели квантовой физики. Вернер Гейзенберг — третий справа в заднем ряду. Макс Борн сидит перед ним.



ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

В 1929 г. несколько биохимиков обнаружили в клетках аденозинтрифосфорную кислоту (АТФ), причем она присутствовала в каждой исследуемой клетке. Позже стало известно, что это химическое вещество запасает энергию, которая поддерживает в нас жизнь. Митохондрии клетки с помощью дыхания извлекают из пищи энергию; эту свободную энергию необходимо собирать, хранить и передавать. Эта задача решается с помощью АТФ.

Чтобы получить очередную порцию энергии для участия в химических процессах, АТФ отбрасывает фосфатную группу, а сама становится аденозиндифосфатом (или АДФ, где буква «Д» показывает наличие в составе соединения двух фосфатных групп). Когда же из пищи извлекается энергия, к АДФ снова можно присоединить фосфатную группу, заряжая молекулу в АТФ. Одна молекула глюкозы может заряжать до 30 молекул АТФ.



Молекула АТФ. Три фосфатные группы изображены слева.

одним свойством (например, за местоположением электрона), невозможно узнать другие (например, его импульс — скорость и направление).

Этот принцип — принцип неопределенности — создает некоторые странности квантовой физики: частицы могут существовать в нескольких состояниях одновременно (это явление называется суперпозицией), невозможно выделить причину и следствие (потому что на квантовом уровне все случайно и может измениться в любую сторону, но узнать об этом можно только после того, как все произойдет). Вся физика строится на том, что настоящее — это результат событий в прошлом, а события, происходящие сейчас, станут причиной будущего. Но квантовая физика с этим не согласна.

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ

В 1920-х гг. астрономы вплотную приблизились к пониманию размера и масштаба Млечного Пути. Еще в 1904 г. голландский астроном Якобус Каптейн открыл, что относительно Земли звезды движутся не беспорядочно, а либо в одном потоке, либо в противоположном. Спустя 20 лет шведский астроном Бертиль Линдблад изучал скорости звезд и понял, что Солнечная система — часть огромного диска, вращающегося вокруг центра. Чем дальше от центра находится звезда, тем дольше она совершает свой оборот, и казалось, словно звезды запаздывают за Солнечной системой, а те, что ближе, как будто бегут быстрее. Благодаря этому началось самое обширное на сегодняшний день исследование нашей Галактики. Линдблад также открыл, что середина Млечного Пути, которая на нашем небе видна как область, наиболее плотно усеянная звездами, представляет собой выпуклость, возвышающуюся над плоскостью диска с обеих сторон.

Эта структура Галактики в виде диска напоминала астрономам спиральные туманности, которые можно было увидеть

Млечный Путь.



с помощью самых мощных телескопов. Находились ли эти нечеткие структуры внутри нашей Галактики или на ее окраинах, а может, они были самостоятельными галактиками, расположенными далеко от нас посреди безбрежного океана пустоты? Непростой вопрос.

НАЙТИ ПЛУТОН

Обсерватория Лоуэлла в Аризоне, изначально созданная для поиска доказательств существования марсиан, сменила приоритеты в начале XX в. В 1906 г. ее астрономы начали искать девятую планету Солнечной системы — «Планету X». Десять лет спустя основатель обсерватории Персиваль Лоуэлл умер, и исследования были приостановлены в связи с возникшими финансовыми спорами с его вдовой. Возобновились они только в 1929 г., когда 23-летнему астроному Клайду Томбо поручили искать новую планету с помощью фотографий. В течение года он каждые две недели делал снимки и сравнивал их, чтобы увидеть, изменило ли что-то свое положение на фоне звезд. В 1930 г. он заметил объект, который, казалось, следует по планетарной орбите. После общественного обсуждения он был назван Плутоном по предложению 11-летней английской девочки Венеции Берни. Изначально Плутон считали сопоставимым по массе с Землей, но 76 лет спустя было установлено, что его масса в пять раз меньше массы нашей Луны. Так астрономы разжаловали крошечный Плутон, присвоив ему статус карликовой планеты, а загадочная «Планета X», по современным данным, должна быть в десять раз тяжелее Земли и примерно в 20 раз дальше от Солнца, чем Нептун.

Клайд Томбо рядом с телескопом, который он использовал для обнаружения Плутона.



КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Весто Слайфер, главный астроном Обсерватории Лоуэлла, нанес на карту красное смещение объектов по всему небу, включая большие туманности, такие как туманность Андромеды (которая занимает на небе участок в шесть раз шире, чем Луна, но светит гораздо слабее).



Весто Мелвин Слайфер, главный астроном Обсерватории Лоуэлла.

Красное смещение — астрономическая версия эффекта Доплера, который был открыт Кристианом Допплером в 1842 г. К примеру, именно благодаря этому эффекту мы по-разному слышим сирену подъезжающей и уезжающей машины скорой помощи. Дело в том, что звуковые волны от приближающегося объекта сжимаются, поэтому звук кажется более высоким. Волны от удаляющегося объекта становятся длиннее, а звук — ниже. Аналогичный эффект наблюдается и в случае со светом: когда астрономический объект приближается к нам, его свет становится более синим, а когда удаляется — красным.

Слайфер обнаружил, что свет Андромеды более синий, чем ожидалось, то есть она движется навстречу нам. Он исследовал сотни других туманностей, и оказалось, что для большинства из них характерно красное смещение, а следовательно, все эти объекты удаляются от нас.

Однако степень их красного смещения неодинакова. Что это значит?

ПЕРЕМЕННЫЕ ЦЕФЕИДЫ

Ответ был дан с помощью работы Генриетты Суон Ливитт, которая много лет работала вдали от любопытных взглядов в роли одной из «гарвардских компьютеров». Эти математически подкованные женщины обрабатывали огромное количество дан-

ных для каталога Генри Дрейпера, ставшего новым шагом в звездной картографии. Одной из задач Ливитт была количественная оценка яркости звезд, и она заинтересовалась цефеидами — особым классом переменных звезд, которые то становятся ярче, то затухают. (Первая цефеида была замечена в созвездии Цефея и дала имя всему классу.) Ливитт обнаружила, что время между пиками яркости цефеиды зависит от размера звезды: чем больше звезда, тем дольше она разгорается и гаснет.

Это открытие связало наблюдения с фактическими размерами звезд и расстояниями до них. Большая и яркая, но далекая от нас звезда может казаться очень тусклой, а близкая к нам маленькая тусклая звезда будет выглядеть очень яркой. До открытия Генриетты Суон Ливитт не было никакого способа определить, какая из звезд находится ближе к Солнечной системе. Теперь же это можно было узнать благодаря одним только наблюдениям за цефеидами.

УНИВЕРСАЛЬНОЕ РАСШИРЕНИЕ

В 1925 г. американский астроном Эдвин Хаббл обнаружил цефеиды в туманностях Андромеды и Треугольника. Он работал с телескопом Хукера, расположенным на горе Уилсон, Калифорния, — крупнейшим телескопом того времени. Хаббл понял, что эти звезды находятся далеко за пределами Млечного Пути, а значит,

Эдвин Хаббл.



Генриетта Суон Ливитт.

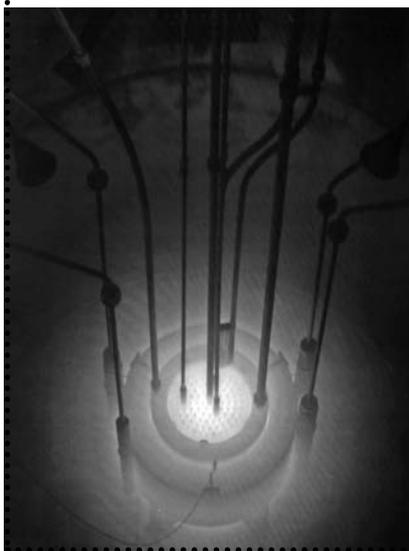


ЧЕРЕНКОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Скорость света достигает максимального значения в вакууме, и ничто не может двигаться быстрее. Но в прозрачной среде свет слегка замедляется. Благодаря этому существует эффект преломления: волны света ускоряются или замедляются на границе раздела двух сред. Например, скорость света в воде составляет всего $\frac{3}{4}$ от скорости в вакууме.

В 1934 г. русский ученый Павел Черенков обнаружил, что радиоактивные частицы могут быть выброшены с такой мощностью, что будут двигаться быстрее скорости света для этой среды. В воде, например в охлаждающей жидкости вокруг ядерных топливных стержней, этот эффект создает жутковатое голубое свечение. Высокоскоростные частицы прорываются

сквозь окружающие атомы, передавая энергию, которая возвращается в виде света. Регистрируя мельчайшие вспышки излучения, получившего свое название благодаря первооткрывателю, можно наблюдать за крошечными релятивистскими частицами, и это используется в современных высокотехнологичных детекторах частиц.



Излучение Черенкова в исследовательском реакторе.

эти туманности были не звездными скоплениями, а огромными галактиками, причем галактика Андромеды по размеру даже больше Млечного Пути. Четыре года спустя, в 1929 г., после обширных исследований местоположений и расстояний до других галактик, Хаббл смог связать расстояния до галактик с их

красными смещениями. Тела, которые находятся дальше, имеют более сильное красное смещение, то есть они удаляются от Солнечной системы быстрее, чем более близкие объекты.

Галактики не просто удаляются от нас — они удаляются и друг от друга. Вывод Хаббла важен и по сей день: Вселенная постоянно становится все шире и шире, и не просто объекты расходятся дальше в пустом пространстве, но расширяется само пространство!

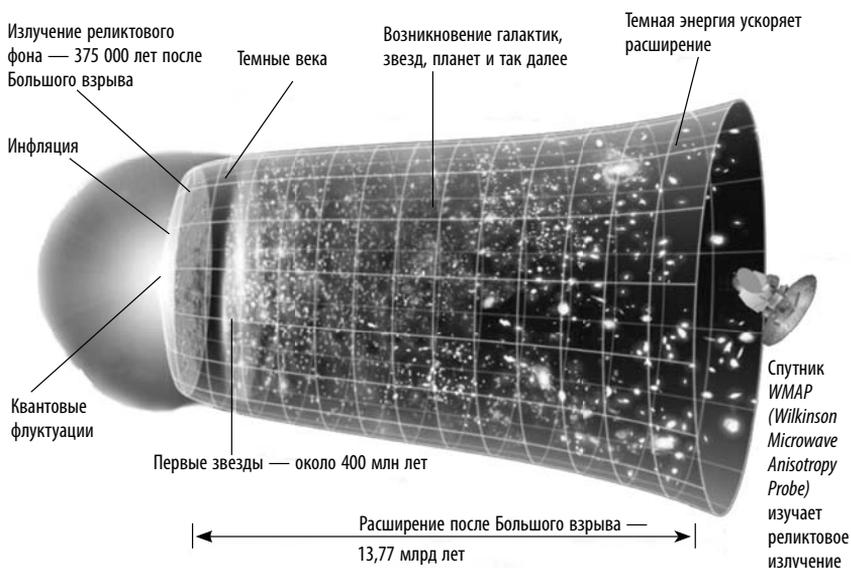
БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Раз, становясь старше, Вселенная расширяется, значит, на ранних этапах она была меньше. Если бы мы могли перемотать историю к началу, то в конце концов пришли бы к тому моменту, когда Вселенная занимала одну точку в пространстве. Еще до того, как Хаббл открыл расширение Вселенной, бельгийский священник, аббат Жорж Леметр, использовал математику Эйнштейна и пришел к такому же выводу. Вселенная никогда не может быть статичной — она либо расширяется, либо сжимается. В 1931 г. Леметр предположил, что Вселенная началась как некий «первичный атом», взрыв которого и породил все другие атомы в наблюдаемой сегодня Вселенной. У этой гипотезы не было никаких доказательств, но в ней была некая творческая искра. С тех пор идея так называемого Большого взрыва стала прочной теорией зарождения Вселенной.

События после Большого взрыва были впервые описаны в конце 1940-х гг. Ральфом Альфером и Джорджем Гамовым. Они добавили в число авторов своего друга Ханса Бете, открывшего процесс ядерного синтеза, который питает Солнце и другие звезды, и подписали работу «Альфер, Бете, Гамов» — в результате получилась настоящая игра слов, связавшая таким



Аббат Жорж Леметр.



образом первые этапы жизни Вселенной с первыми буквами греческого алфавита. Согласно теории, предложенной учеными в этой работе, после Большого взрыва появилась бурлящая горячая Вселенная, заполненная атомами водорода, которая с тех пор расширилась и остыла, превратившись в звезды и галактики, которые мы видим сегодня.

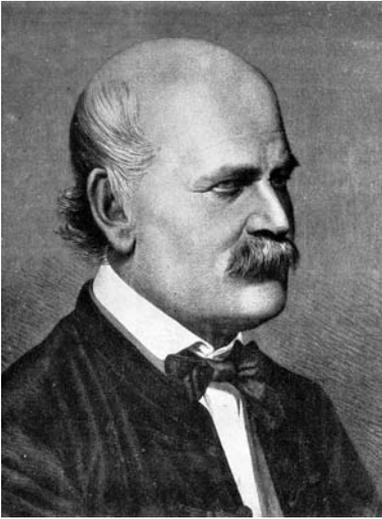
Это весьма упрощенное описание событий, хотя оно и может показаться сложным. Тем не менее физики и астрономы каждого поколения проверяли эту идею и предоставляли убедительные доказательства, дополняя теорию. До сих пор крупнейшие научные эксперименты на Земле направлены на поиск информации о самых ранних моментах жизни Вселенной, которые должны помочь понять ее настоящее и предсказать будущее.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ: АНТИБИОТИКИ

В 1940-х гг. была достигнута давняя медицинская цель — создана «волшебная пуля», или лекарство, которое способно уничтожить возбудителя инфекции, не повредив при этом здоровые ткани организма. Подходящий кандидат на эту роль — пенициллин — был известен уже почти 20 лет, и к 1944 г. была усовершенствована технология его массового производства. Этот прорыв спас миллионы людей, которые иначе погибли бы от заражения ран во время Второй мировой войны. Новые фармацевтические препараты для уничтожения бактерий — антибиотики — сыграли важнейшую роль: именно с их помощью появилось самое здоровое поколение в истории и увеличилась продолжительность жизни, а численность населения всего за 70 лет выросла аж вчетверо.

РАСПРОСТРАНЯЯ ИНФЕКЦИИ

Пенициллин стал итогом двойной атаки объединенных сил медицины и биологии. В 1847 г. венгерский врач Игнац Земельвейс задумался, почему так много молодых матерей страдают от так называемой родильной горячки — внезапной и сильной болезни, которая убивала через несколько дней после родов. Он подозревал, что болезнь могли распространять врачи, которые принимали роды, хотя и не понимал, каким образом. В то время медицинское вмешательство в процесс родов становилось все более распространенным, а вековые услуги повитух постепенно уходили в прошлое. Врачи (неизменно мужчины) брали на себя ответственность и старались обеспечить безопасные роды. Хоть доктора и использовали ряд новых методов, основанных на убедительных медицинских данных, они редко мыли руки между приемами

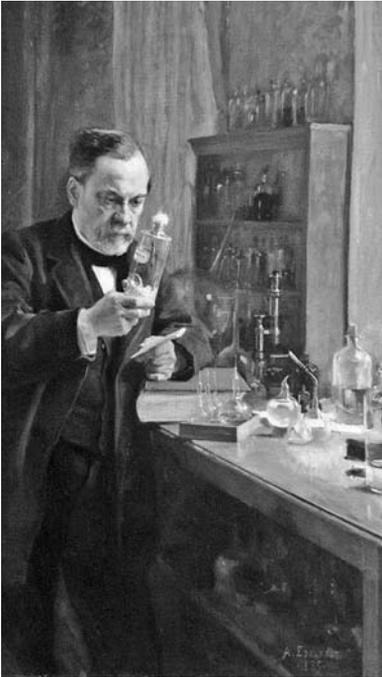


Игнац Земмельвейс связал гигиену со здоровьем.

пациентов. Земмельвейс смог доказать, что простая дезинфекция рук и оборудования резко снижает шанс возникновения родильной горячки.

В 1854 г. Джон Сноу, основатель эпидемиологии — науки об общественном здравоохранении, — понял, что эпидемия холеры в Лондоне связана с зараженной водой, подававшейся из общественной водозаборной колонки в Сохо. Но и он не смог объяснить, почему же вода была настолько смертоносной. Вскоре после этого Флоренс Найтингейл провела тщательный статистический анализ и подкрепила фактами интуитивное предположение о прямой зависимости крепкого здоровья и гигиены. (Известная как пионер современного метода ухода за больными, Флоренс Найтингейл также умела использовать медицинские данные, чтобы доказывать свою точку зрения.)

Вскоре биологи нашли недостающую часть головоломки. В 1861 г. Луи Пастер предложил микробную теорию заболеваний, согласно которой возбудителями



Луи Пастер предложил микробную теорию заболеваний в 1860-х гг.

инфекций являются крошечные организмы, видимые только через микроскопы. В 1880-х гг. эта теория была дополнена Робертом Кохом — одним из первых микробиологов, установивших четкую связь между конкретными болезнями и микроорганизмами.

Это десятилетие открытий многое сделало для предотвращения будущих инфекций. Именно на этот период пришлось улучшение антисептических методов как в области хирургии, так и за ее пределами. Но если у пациента все же обнаруживалась инфекция, мало что можно было сделать: оставалось только ждать, пока его собственная иммунная система справится с ней сама... Если сможет.

СЛУЧАЙНЫЙ ПРОРЫВ

Летом 1928 г. произошел один случай, который навсегда изменил историю всего человечества: бактериолог Александр Флеминг вернулся после отпуска в родной Шотландии в свою лондонскую лабораторию — и обнаружил, что в одной из чашек Петри, заполненной бактериями, выросла колония плесневых грибов. Он заметил, что среди грибковых «захватчиков» образовались своеобразные отчетливые узоры в виде кругов; при этом сами изучаемые им бактерии бесследно исчезли из емкости. Флеминг догадался, что грибок *Penicillium* (похож на грибы, используемые для изготовления голубых сыров) выделяет некое химическое вещество, погубившее бактерии. Флеминг изолировал это вещество, назвал его пенициллином и провел несколько простых экспериментов на лабораторных мышах. Лекарство оказалось безвредным для небактериальных клеток. (Пенициллин блокирует гидрорегуляцию у бактерий, в результате чего их одноклеточные тела бесконтрольно наполняются водой и лопаются.) Позднее Флеминг сообщил, что ему также удалось избавить своего коллегу от глазной инфекции при помощи лекарственного препарата, разработанного на основе пенициллина.

1930-е гг. Флеминг провел в поисках химика, который помог бы ему проанализировать пенициллин и запустить его производство в промышленных масштабах, но к кому бы он ни обратился, это оказывалось им не под силу. Наконец в 1940 г. вызов



Колонии Penicillium в чашке Петри.

приняли фармаколог Говард Флори и биохимик Эрнст Чейн из Оксфорда. Правительства Великобритании и США предоставили им финансовую поддержку, чтобы помочь найти способ очистки соединения в больших количествах. Первый завод по производству пенициллина начал работу через несколько

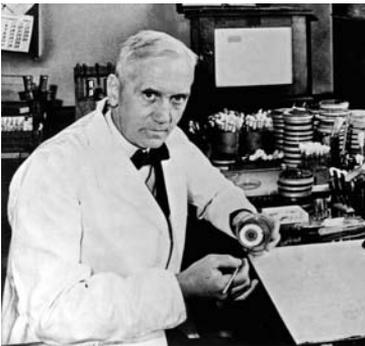
месяцев после нападения на Пёрл-Харбор, и через три с половиной года, когда союзные войска высадились в Нормандии, было выпущено достаточно нового лекарства (антибиотика), чтобы вылечить всех раненых.

За это достижение Флеминг, Флори и Чейн получили Нобелевскую премию в 1945 г.

СУПЕРБАКТЕРИИ

В том же году Флеминг сделал зловещий прогноз: он заявил, что низкая доза пенициллина позволяет бактериям выработать резистентность. Другими словами, возникает популяция, более устойчивая к воздействию препарата. Таким образом, неправильное использование антибиотика приведет к появлению

так называемых супербактерий. Флеминг сказал: «В таких случаях легкомысленный человек, играющий с пенициллином, несет моральную ответственность за смерть того, кто умрет от инфекции, устойчивой к пенициллину. Я надеюсь, что это зло можно предотвратить».



Александр Флеминг открыл пенициллин в 1928 г.

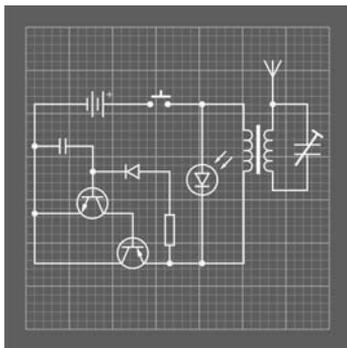
ЭЛЕКТРОНИКА

Современный мир — это вихрь постоянных перемен. Со всех фронтов на нас воздействует почти постоянный поток новых технологий. Компьютерная революция 1970–1980-х гг. сменилась революцией в области коммуникаций в 1990–2000-е гг., а теперь мы стоим на пороге революции в области робототехники, откуда, как нам говорят, остался один небольшой шаг до искусственного интеллекта. Однако в некоторых отношениях с 1948 г. после появления транзистора ничего нового не было изобретено.

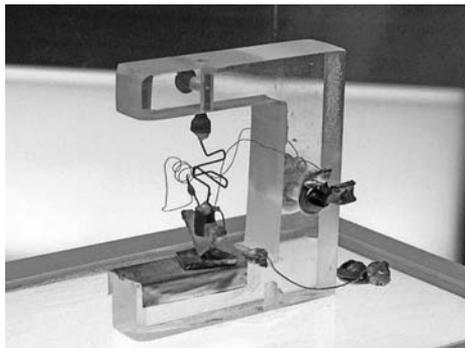
БЫСТРОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ

Транзистор — это переключатель, который регулирует подачу тока. Он не имеет движущихся частей и может действовать намного эффективнее своего механического предшественника. Сегодняшние версии могут делать это 600 млрд раз в секунду — существенно быстрее, чем самый первый образец, созданный в компании *Bell Labs* Уильямом Шокли, Джоном Бардином и Уолтером Браттейном.

Принципиальная электрическая схема, включающая транзисторы.



Самый первый транзистор.



ХИМИЯ ПЕРВИЧНОГО БУЛЬОНА

Гарольд Юри был одним из первопроходцев Манхэттенского проекта, в рамках которого был разработан метод диффузии газа для обогащения ядерных взрывчатых веществ. После войны ученый провел знаковый эксперимент, который проверял химию ранней атмосферы Земли и океанов. Результаты эксперимента оказались поразительными.

Идея эксперимента пришла Юри в голову в результате изучения химии других планет: ученый предположил, что на ранних этапах существования Земли ее атмосфера не имела кислорода, но была заполнена водяным паром, метаном, аммиаком и углекислым газом. В 1953 г. Юри объединился с аспирантом Стэнли Миллером, чтобы провести эксперимент и добиться крошечного воссоздания ранней химии Земли (так называемого первичного бульона). Аппарат представлял собой замкнутую систему из двух колб, соединенных стеклянными трубками; внутри этой системы циркулировала смесь упомянутых выше газов. Одна колба была наполовину заполнена водой, которая при нагревании испарялась, и водяной пар попадал в верхнюю колбу, куда с помощью электродов подавались электрические разряды, имитирующие разряды мол-

Транзисторы были спроектированы как центральные компоненты электронных устройств, то есть технологий, использующих поток электричества для управления устройством; в самых первых версиях использовались термоэлектронные клапаны. Первые цифровые компьютеры были разработаны к концу Второй мировой войны; они использовались для обработки команд, введенных в виде двоичного кода, то есть при помощи всего двух цифр — 1 и 0. Отсюда возник и сам термин — «цифровой».

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Термоэмиссионные клапаны — это высокотехнологичные вакуумные трубки, которые могут регулировать подачу тока посредством приложения меньшего тока к части устройства.

Аппарат Миллера — Юри, по форме отчасти напоминающий леденец.

ний на ранней Земле. По охлаждаемой трубке конденсировавшийся пар возвращался в нижнюю колбу, обеспечивая постоянный круговорот воды. К концу дня изначально прозрачная смесь приобрела розоватый оттенок, а еще через неделю более 10 % атомов углерода вошли в состав сложных органических соединений — аминокислот, строительных блоков белков. В природе используется около 20 аминокислот; эксперимент Миллера — Юри продемонстрировал образование

11 из них. В дальнейшем эксперимент был повторен много раз с использованием различных пропорций материала. С его помощью удалось доказать, что составные части сложной биохимии могут возникать самопроизвольно в результате естественных природных процессов.



Транзисторы работают в основном таким же образом, но используют сильно модифицированный кристалл чистого кремния. Кристаллы чистого кремния вышли на первый план во время разработки радара. Было обнаружено, что чистый кремний лучше всего усиливает слабые радиолокационные сигналы, которые отражаются обратно. Кремний — полуметаллический элемент, что означает, что он обладает свойствами как металлов, так и неметаллов. Чистый кремний выглядит довольно блестящим, как металл; он отлично проводит тепло и не очень хорошо — электричество.



Термоэмиссионный клапан.

ПОЛУПРОВОДНИКИ

Атом кремния имеет четыре электрона на внешних орбиталях, что делает его внешнюю оболочку наполовину заполненной. Это означает, что атомы вряд ли дадут какие-либо свободные электроны или примут дополнительные. Чтобы кристалл мог проводить ток, потребуется достаточно большое количество энергии, которое позволит наконец отделить электроны от атома. Это свойство совершенно бесполезно в электронике. Вместо этого кремний используют как полупроводник — материал, который в определенных условиях может действовать или как проводник, или как изолятор. Чтобы создать полупроводник, кремниевый кристалл легируют, то есть обогащают незначительным количеством других атомов. В простейшем случае для создания кристалла с несколькими запасными электронами добавляется фосфор, что позволяет сделать полупроводник *n*-типа (для отрицательного заряда). Добавление бора формирует кристалл с недостатком электронов. Области кристаллов, в которых отсутствует электрон, известны как «дыры» — гипотетические положительно заряженные объекты, — и они способны обтекать подобно электронам, хотя и в противоположном направлении. Вещество с избытком положительных «дыр» является полупроводником *p*-типа (для положительного заряда).

Транзистор — один тип полупроводника, который по принципу сэндвича зажат с обеих сторон двумя элементами материала другого типа, поэтому существует два варианта: *pnp*-транзистор и *npn*-транзистор. Центральная секция — основание, а любая из сторон — излучатель и коллектор. Транзистор вклю-



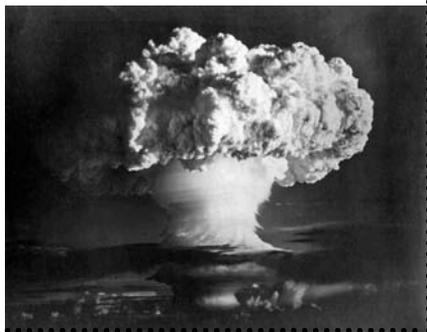
Чистый кремний.

ВОДОРОДНАЯ БОМБА

К концу 1940-х гг. была разработана теория нуклеосинтеза, которая объяснила, как все тяжелые элементы — от лития до урана и далее везде — образовались в результате слияния более мелких атомов. Все это началось со слияния атомов водорода и гелия в ядре звезды. Общие элементы — углерод и кислород — возникают, когда звезда главной последовательности близится к завершению своего термоядерного цикла. По-настоящему редкие элементы (такие, например, как золото) могут быть созданы только в результате гравитационного коллапса и последующей вспышки сверхновой, то есть взрыва очень массивной звезды.

Под конец Второй мировой войны США привели в действие первые атомные бомбы, расщепившие крупные атомы урана и плутония. Спустя несколько лет была разработана новая термоядерная бомба, еще более мощная — так называемая водородная бомба: в результате соединения двух атомов водорода высвобождалась колоссальная взрывная энергия. Первый взрыв водородной бомбы произошел на отдаленном тихоокеанском атолле в 1952 г. — это было термоядерное устройство под кодовым названием «Айви Майк». Оно использовало тепловую энергию небольшой атомной бомбы для взрыва термоядерной бомбы. В результате высвобождалась сила, почти в 1000 раз превосходящая мощность «Малыша», который уничтожил Хиросиму.

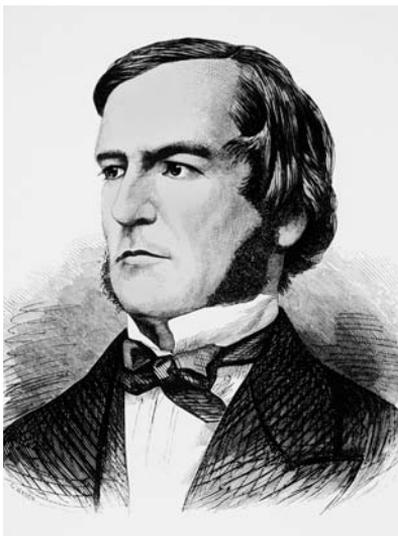
Характерное облако в виде гриба поднимается после проведения первого ядерного испытания водородной бомбы на атолле Эниветок на Маршалловых островах в ноябре 1952 г.



чается подачей небольшого положительного электрического заряда на базу. В случае *pnp*-транзистора, где основание *p* имеет избыток положительных частиц, положительный заряд отталкивает дыры и притягивает любые электроны. Это создает канал отрицательного заряда, проходящий через базу от *n*-излучателя к *n*-коллектору, и через него может протекать ток. Таким образом, включение *pnp* приводит к протеканию тока.

ЛОГИЧЕСКИЕ ВОРОТА

Транзисторы были сгруппированы для создания логических элементов. Каждый из 20 транзисторов обрабатывает входные данные в форме 1 и 0 в выходные данные в соответствии с математической операцией, определенной алгеброй Буля. Эта странная математика использует операции, похожие на сложение и умножение, но сильно отличающиеся в других отношениях. Поскольку используются только единицы и нули, ответы на логические суммы могут быть только 1 или 0. Например, $1 + 1 = 1$. Эта система была разработана Джорджем Булем в 1854 г. как способ принятия логических решений с использованием одних лишь цифр. Сегодня она применяется в каждой электронной схеме.



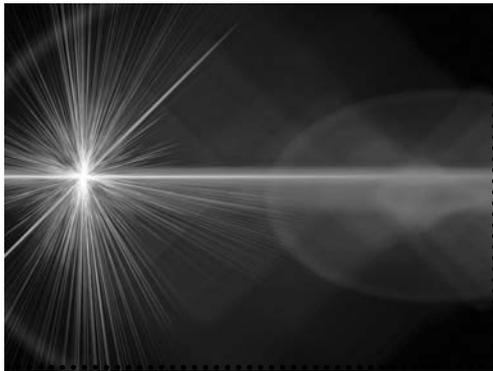
Первой потребительской технологией, в которой использовался транзистор, стал слуховой аппарат (1952); вскоре преимущества этих крошечных устройств стали использоваться повсеместно. Транзисторные радиостанции, представленные в 1954 г., были достаточно малы, чтобы их можно было с легкостью переносить с места на место. В 1959 г. на первом американском спутнике использовались германиевые и кремниевые

Джордж Буль.

ЛАЗЕРЫ

Лазерный луч представляет собой когерентный коллимированный свет, то есть производимые им световые волны согласованно колеблются во времени, в то же время эти волны не хаотично распространяются во всех направлениях, а параллельны друг другу. Кроме того, свет лазера содержит всего несколько длин волн, а возможно, только одну, в отличие от естественного источника света, излучающего широкий спектр. Все это означает, что свет лазера может использоваться для точного отражения, преломления, освещения и нагрева.

До лазеров существовали мазеры, название которых происходит от сокращения фразы «усиление микроволн (то есть высокочастотных радиоволн) с помощью вынужденного излучения». Мазеры были созданы путем подачи энергии на «усиленную среду» — обычно на прозрачный кристалл. Добавление энергии заставляет среду излучать свет (или другой луч), который отражается от зеркал обратно в кристалл, еще больше его стимулируя и производя больше света. Излучение высокой интенсивности, направленное из среды, создает луч. Мазеры появились в 1953 г., а к 1957 г. уже был разработан образец с использованием видимого света. Это устройство должно было называться «колебание света за счет вынужденного излучения» (*Light Oscillation by Stimulated Emission of Radiation*), что в сокращенном виде читалось как «неудачник» (англ. *loser*). Поэтому «мазер» просто заменили на «лазер».



транзисторы. Примерно в это же время была изобретена интегральная схема, где вся электронная схема, состоящая из множества транзисторов и других компонентов, соединенных проводниками, была помещена в один блок — микросхему из кремния. Интегральные схемы становились все меньше и меньше, и их начали называть микрочипами. В середине 1950-х гг. Уильям Шокли, один из пионеров создания транзисторов, переехал в Маунтин-Вью (Калифорния), чтобы быть ближе к своей матери. Там он основал свое дело по разработке полупроводников; со временем в этом районе становилось все больше и больше подобных предприятий, и сейчас это место известно как Силиконовая долина (от лат. *silicium* — «кремний»).

Один из сотрудников Шокли, Гордон Мур, который вскоре станет основателем компании *Intel*, занимающейся производством чипов, предсказал, что вычислительная мощность микрочипов будет удваиваться каждые 18 месяцев, а размер транзисторов, в свою очередь, уменьшится вдвое. До сих пор закон Мура в целом точен: сегодня ширина транзистора составляет около 50 атомов, а одна микросхема может содержать в одной цепи миллиарды чипов. Однако транзистор не может стать слишком маленьким, в противном случае он не сможет выполнять роль барьера для электрического заряда.

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ : ОТГОЛОСКИ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

До середины 1930-х гг. у нас был единственный взгляд на Вселенную, которую мы могли видеть своими глазами. Даже будучи вооруженными телескопами, мы все еще исследовали только те объекты, которые излучали видимый свет. Это положение изменилось в середине 1930-х гг., когда американский инженер Карл Янский занялся разработкой радиотелефонов. Работа Янского состояла в обозначении источников естественных радиоволн, мешавших общению. К своему удивлению, он обнаружил, что радиоволны доносятся прямо из космоса! Неужели звезды излучают радиоволны так же, как видимый свет?

В военное время освоение радиоастрономии шло медленно, но к 1950-м гг. радиотелескопы открыли совершенно новый взгляд на Вселенную. Большая часть радиовселенной содержала объекты, невидимые для глаза, в том числе черные дыры, квазары и нейтронные звезды. Многие из них были причислены к пульсарам, или «пульсирующим» звездам. В действительности же они не пульсировали, а, подобно маяку, по мере вращения испускали концентрированный радиолуч; когда луч пронесется мимо, он кажется нам радиоволновой вспышкой.

ФОНОВЫЙ СИГНАЛ

В 1964 г. два американских астронома — Арно Пензиас и Роберт Уилсон — начали использовать сверхчувствительную радиоантенну. Рожковая антенна в Нью-Джерси была построена компанией *Bell Labs*, чтобы испытать первые спутниковые коммуникационные технологии. Эта антенна использовала эхо «спутников» — больших металлических шаров, помещенных

КВАЗАРЫ

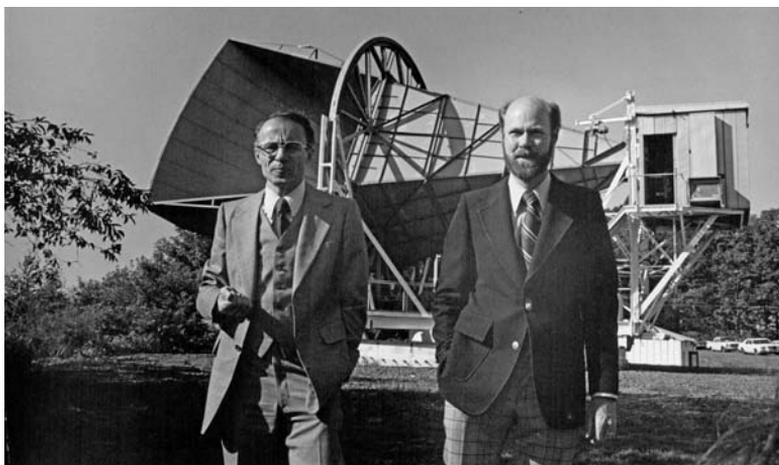
В 1963 г. голландский астроном Мартен Шмидт, работавший в Паломарской обсерватории (штат Калифорния), увидел объект, который находился на расстоянии 2,5 млрд световых лет, но в его телескопе казался очень ярким. Это означало, что он производил невообразимо большое количество света. Астроном подсчитал, что этот объект в 4 трлн раз ярче Солнца — ярче даже всего Млечного Пути. Шмидт назвал этот объект «квазизвездной радиостанцией», или квазаром.

Позже были найдены и другие квазары, причем большинство из них расположены еще дальше — на расстоянии около 12 млрд световых лет от Земли. Это означает, что мы видим их свет, испущенный 12 млрд лет назад. Астрономия 1960-х гг. не могла объяснить, что такое квазар. Согласно одному предположению, квазары — это противоположности черных дыр, своего рода «белые дыры», которые всегда излучают свет; другая идея заключалась в том, что квазар на самом деле — огромная звезда с нормальным уровнем яркости, но ее огромная масса изогнула пространство вокруг нее настолько, что астрономы допустили ошибку при попытке вычислить расстояние. Однако обе эти идеи далеки от действительности.

На самом деле квазар представляет собой активную галактику, в центре которой расположена сверхмассивная черная дыра, поглощающая близлежащие звезды. Считается, что в начале своей жизни все галактики вели себя таким образом, поскольку большинство квазаров мы наблюдаем издалека — от первых дней Вселенной. В 1998 г. в центре Млечного Пути тоже была обнаружена сверхмассивная черная дыра массой 4 млн масс Солнца; должно быть, в далеком прошлом и она излучала вспышку невероятной яркости, поглощая звезды поблизости.

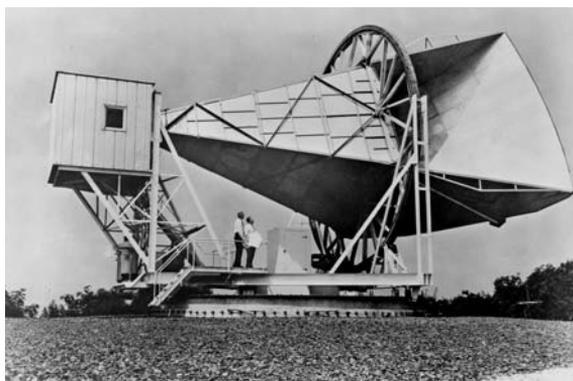


Квазары выделяют огромное количество света.



Арно Пензиас и Роберт Уилсон.

на орбите и служащих для отражения микроволновых сигналов связи, как космические зеркала. Ученые обнаружили, что антенна уловила слабый, но постоянный микроволновый сигнал, и он был неизменным, куда бы они ни направляли свое устройство. Тогда Пензиас и Уилсон поняли, что поймали вспышку энергии, которая была предсказана теорией Большого взрыва. Эта энергия была смещена в красную сторону, а длина ее волны увеличилась на миллиарды лет, и теперь сигнал был не ярким горячим светом, а слабым холодным микроволновым радиосигналом.



*Рожковая антенна
Холмдела.*

ВЗГЛЯД В ПРОШЛОЕ

Этот сигнал теперь называется космическим микроволновым фоном, или реликтовым излучением. В момент своего открытия он дал нам лучшее доказательство правдивости теории Большого взрыва, а все конкурирующие теории были отложены. Реликтовое излучение — это выброс энергии, произошедший

ЭНДОСИМБИОТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

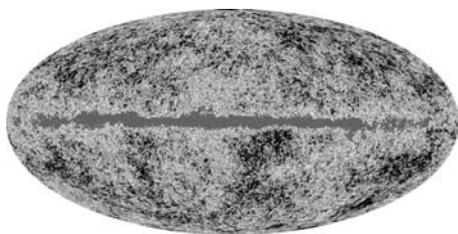
В 1967 г. американский генетик Линн Маргулис изложила удивительную теорию о том, почему жизнь делится на две широкие группы: прокариоты с их небольшими неструктурированными клетками и эукариоты с их большими клетками и сложными внутренними структурами. Причина такого разделения была просто поразительной. Прокариоты, состоящие из бактерий и архей, — первичные формы жизни, их существование насчитывает не менее 3,5 млрд лет. Первые эукариотические клетки появились около 1,5 млрд лет назад. Маргулис предположила, что это произошло, когда множество разных прокариот начали жить в качестве симбионтов, как команда. Сегодня эти прокариотические симбионты стали органеллами. Маргулис доказала, что митохондрии развились из пурпурных бактерий — и ДНК митохондрий подтверждает это. Между тем хлоропласты



в растительных клетках, по-видимому, связаны с цианобактериями, также называемыми сине-зелеными водорослями, которые были первыми фотосинтезирующими организмами. Этот процесс симбиогенеза, судя по всему, должен был быть очень редким, и все эукариоты произошли только от одной клетки, которая успешно справилась с этой задачей.

Линн Маргулис.

Карта космического микроволнового фона, показывающая изменения температуры.



примерно через 380 000 лет после начала пространства и времени. Все это время потребовалось Вселенной, чтобы остыть, что, в свою очередь, позволило электронам образовать нейтральные атомы, связываясь с ядрами протонов. Количество выпущенной энергии было в 100 раз больше, чем вся энергия, поступающая от всех звезд во Вселенной. Однако эта огромная энергия теперь распространяется по всему ее пространству, поэтому она холоднее и менее плотная. Температура космического микроволнового фона составляет всего 2,7 К, или -271°C .

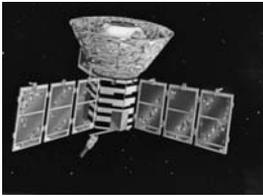
За годы, прошедшие с момента его открытия, несколько раз были составлены самые детальные карты реликтового излучения как с Земли, так и из космоса во всех подробностях, чтобы найти ключи к одним из самых больших загадок, какие только существуют во Вселенной:

- почему во Вселенной что-то есть;
- почему вообще есть галактики, звезды и планеты?

Математика Большого взрыва показывает нам, что для каждой частицы материи есть другая частица — антивещество, — и обе они уничтожают друг друга. Тем не менее Вселенная состоит из материи с небольшим количеством антиматерии.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ГЛАДКИЙ

На первый взгляд (и при последующих тоже) реликтовое излучение кажется совершенно гладким, или изотропным. Другими словами, оно выглядело совершенно одинаково, независимо от того, куда смотрел наблюдатель. Тем не менее карты космического микроволнового фона, которые составлялись с 1980-х гг., начиная с той, которая была подготовлена космической обсерваторией *Cosmic Background Explorer (COBE)*, обнаружили крошечные морщинки. Там, где плотность энергии была на долю выше, галактики образовались миллиардами;

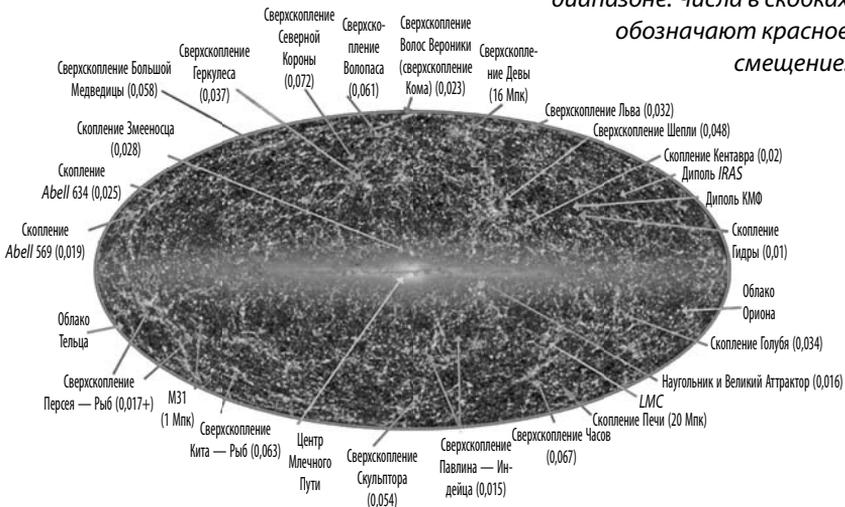


COBE, также известная как Explorer 66, — космическая обсерватория, предназначенная для проведения космологических исследований космического микроволнового фона.

в местах же, где количество энергии было меньше, образовались огромные пространства пустоты и небытия.

Это соответствует 3D-картам Вселенной, создаваемым сегодня: они показывают, что галактики объединяются, а скопления галактик превращаются в сверхскопления (англ. *supercluster*) — самые большие структуры, связанные силой тяжести. Сверхскопление Девы, в состав которого входит наш Млечный Путь, содержит еще 47 000 других галактик, однако в космосе есть и значительно большие образования. Вселенная имеет нитевидную структуру со сверхскоплениями, выстраивающимися в «великие стены» из звезд, которые, подобно тонкой поверхности мыльного пузыря, окружают галактические пустоты — войды. Теория Большого взрыва предсказывает, что Вселенная должна быть пустой, и большая ее часть такова. Все звезды, которые мы видим, упакованы в тонкие нити, образовавшиеся из складок на космическом микроволновом фоне.

Обзор неба в инфракрасном диапазоне. Числа в скобках обозначают красное смещение.



СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ

Стандартная модель — это набор инструментов для Вселенной, содержащий 17 фундаментальных частиц, которые природа использует для создания всей массы, передачи всех сил и содержания всей энергии во Вселенной. Идеи, лежащие в основе Стандартной модели, возникли в 1960-х гг., и к 1970-м гг. большинство частиц модели, которые прежде существовали лишь в теории, нашли подтверждение на практике.

УСКОРИТЕЛИ ЧАСТИЦ

Первым дополнением к Стандартной модели стал электрон. Он был обнаружен в 1897 г. с помощью вакуумной трубки и нескольких магнитов. Большинство других частиц нашли с использованием ускорителей частиц, которые также используют вакуум и магниты, хотя и в гораздо большем масштабе. Идея ускорителей частиц стала результатом путешествия на воздушном шаре в 1911 г. Исследователи открыли, что на высоте воздух становится лучшим проводником. Чтобы проверить это, австро-американский физик Виктор Гесс отправился на воздушном шаре с предварительно заряженными электроскопами. Он увидел, что эти устройства потеряли свой заряд, как только шар набрал высоту. Это показало, что воздух более насыщен электричеством и, таким образом, может унести заряд устройства.

Виктор Гесс готовится к полету на воздушном шаре, 1911 г.



Источник такой электрификации приходит из космоса в форме космических лучей — потоков высокоскоростных частиц, которые текут сквозь пространство. Они врезаются во внешнюю атмосферу, сбивая электроны с атомов и создавая слой ионизированного газа на большой высоте. Конечно, большая часть этих лучей исходит от Солнца, что означает, что днем уровень ионизации выше, а ночью электрифицированный слой поднимается на большую высоту.

Столкновения космических лучей с воздухом были самыми высокоэнергетическими столкновениями частиц, которые

Стандартная модель описывает Вселенную при помощи 17 фундаментальных частиц.

Стандартная модель элементарных частиц

	Три поколения материи (фермионы)			Взаимодействия/носители (бозоны)	
	I	II	III		
Масса	$> 2,2 \text{ МэВ}/c^2$	$> 1,28 \text{ ГэВ}/c^2$	$> 173,1 \text{ ГэВ}/c^2$	0	$> 125,09 \text{ ГэВ}/c^2$
Заряд	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
Спин	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	u Верхний	c Очарованный	t Истинный	g Глюон	H Бозон Хиггса
	$> 4,7 \text{ МэВ}/c^2$	$> 96 \text{ МэВ}/c^2$	$> 4,18 \text{ ГэВ}/c^2$	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Кварки	d Нижний	s Странный	b Прелестный	γ Фотон	
	$> 0,511 \text{ МэВ}/c^2$	$> 105,66 \text{ МэВ}/c^2$	$> 1,7768 \text{ ГэВ}/c^2$	$> 91,19 \text{ ГэВ}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	e Электрон	μ Мюон	T Тау-лептон	Z Z-бозон	
	$< 2,2 \text{ эВ}/c^2$	$< 1,7 \text{ МэВ}/c^2$	$< 15,5 \text{ МэВ}/c^2$	$> 80,39 \text{ ГэВ}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Лептоны	ν_e Электронное нейтрино	ν_μ Мюонное нейтрино	ν_τ Тау-нейтрино	W W-бозон	

Калибровочные бозоны
Векторные бозоны

Скалярные бозоны

когда-либо наблюдались, и они позволили выявить первые экзотические короткоживущие частицы в Стандартной модели. Крошечные вспышки черенковского излучения в верхних слоях атмосферы свидетельствовали о наличии в столкновениях быстро движущихся частиц.

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ЧАСТИЦЫ

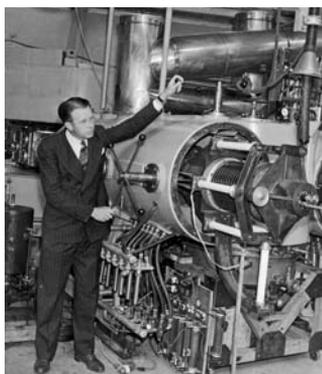
В 1934 г. Хидэки Юкава предположил, что существуют частицы, которые находятся где-то на полпути между электронами и протонами. Он назвал их мезонами. В 1936 г. в столкновениях космических лучей был обнаружен μ -мезон, однако он не соответствовал теории Юкавы и был впоследствии переименован в мюон — своего рода негabarитный и очень недолговечный родственник электрона. В 1947 г. π -мезон (или пион) был замечен в струях частиц, выбрасываемых в результате столкновений космических лучей. Его масса составляла $\frac{2}{3}$ массы протона, и он был первым настоящим мезоном. Хотя он существует всего несколько миллиардных долей секунды, пион и другие мезоны, подобные ему, со своей странной дробной массой дали первые подсказки, что они, а также протоны и нейтроны на самом деле не были фундаментальными частицами. Возможно, они состояли из еще меньших единиц?

Чтобы выяснить это, физикам нужны были столкновения с еще большей энергией, чем в космических лучах, причем устроенные так, чтобы они могли за ними наблюдать вблизи. Для этого им был нужен ускоритель частиц.



Хидэки Юкава.

Эрнест Лоуренс с циклотроном, одним из первых ускорителей частиц.



ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Однако (и это весьма существенный нюанс) Стандартная модель не охватывает темную материю — вещество, которое взаимодействует с силой тяжести, но не с электромагнетизмом. Оно не дает света и ничего не отражает — таким образом, его просто невозможно увидеть. Все, что было обнаружено, — это его гравитационное воздействие на обычную материю вокруг него, и именно здесь мы и получили первый намек на существование темной материи. В 1930-х гг. астрономы жадно следили за галактиками, только недавно признанными островными вселенными, расположенными далеко за пределами Млечного Пути. Астрономы измерили, насколько тяжелой является каждая галактика (сколько материи она содержит), по интенсивности ее света. Как ни странно, галактики, казалось, вращались быстрее, чем предполагала их измеренная масса. Если бы галактика действительно была такой же легкой, какой она была в измерениях, ее внутренней гравитации не хватило бы, чтобы удержать ее «население» вместе; поскольку галактика вращается с большой скоростью, все ее звезды были бы разбросаны по разным уголкам Вселенной. Астрономы в основном предполагали, что допустили ошибку в измерениях, и продолжали отвечать на более простые вопросы о галактиках. Однако Фриц Цвикки предположил, что внутри может быть некая темная материя (нем. *dunkle materie*), которая и делает галактики более тяжелыми.



Вера Рубин.

Пионером в этой области стал американец Эрнест Лоуренс. В 1929 г. он изобрел циклотрон — устройство, которое посылало ионы и другие заряженные частицы по спиральному курсу, заданному колеблющимися электрическими полями. Частицы ускорялись, когда достигали центра, и врезались в цель. Аналогичное использование магнитных полей для фокусировки частиц и электрических полей для их перемещения используется

Лишь в 1979 г. астроном Вера Рубин сумела выявить расхождения между предсказанным и наблюдаемым круговым движением галактик. В то время Рубин работала в Вашингтоне над измерением вращения галактики Андромеды: она взяла красные и голубые смещения звезд, отклоняющихся и направленных к нам, и получила очень точный результат. Рубин подтвердила несоответствие по скорости и массе и смогла рассчитать, что отношение видимой материи к темной материи составляет около 1:6.

Но природа темной материи по-прежнему остается под вопросом. Возможно, это какие-то скрытые частицы, которые находятся за пределами текущей версии Стандартной модели. Может быть, обычная материя распространяется через межзвездное пространство в больших количествах, чем считалось прежде. Кроме того, мы можем по ошибке принимать за темную материю гравитационные эффекты, которые возникают в результате присутствия видимой материи в альтернативных вселенных, деформирующих наше пространство-время. В противном случае почти все, что нам известно сегодня о физике — Стандартная модель, теория относительности и прочее, — неверно.

*Галактика
Андромеды.*



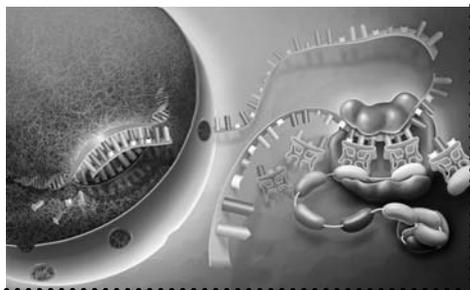
в более крупных линейных и петлевых ускорителях, которые становятся еще больше и мощнее.

Созданные ими столкновения вызвали выбросы частиц, и пути этих частиц были отслежены в облачных и пузырьковых камерах. Полосы пузырьков, или конденсация, были сфотографированы, а магнитные и электрические поля в детекторах помогли указать массу и заряд каждой частицы.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДОГМА МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

После триумфального открытия двойной спирали структуры ДНК в 1953 г. биохимики хотели знать, как химическое вещество может нести генетический код. Это исследование заняло почти 20 лет, и процесс, который оно выявило, теперь называется центральной догмой молекулярной биологии. Если ДНК имеет форму витой лестницы, то ступеньки построены из пар молекул, называемых основаниями. Их четыре: аденин (А), тимин (Т), цитозин (С) и гуанин (G), — и последовательность этих оснований в более крупных молекулах ДНК излагает код из четырех букв — А, Т, С и G. Этот код несет информацию, необходимую для создания многих тысяч различных видов белков, в которых нуждаются живая клетка и организм. Белки представляют собой цепочки меньших единиц, называемых аминокислотами. Единица из трех базовых «букв» кодирует одну аминокислоту, а ген содержит код для всех аминокислот в одной цепи белка — до 100 аминокислот. Генетический код хранится в ядре клетки, заключенном в двойную цепь ДНК. Чтобы превратить его в белок, ген копируется в одну цепь мРНК (мессенджер РНК). Он оставляет ядро и питается через рибосому, которая соединяет аминокислоты одну за другой в правильном порядке, пока они не образуют функциональный белок. Догма этого процесса заключается в том, что информация может перемещаться только от нуклеиновых кислот к белку, но не в обратном направлении.

*мРНК из ядра
«читается»
рибосомой.*



КВАРКИ

В 1964 г. два американских физика, Марри Гелл-Манн и Джордж Цвейг, работая независимо друг от друга, предположили, что протоны, нейтроны и мезоны состоят из более мелких частиц. Гелл-Манн назвал их кварками — это слово он взял из книги ирландского писателя Джеймса Джойса. У нейтронов и протонов три кварка, а у мезонов — всего два. Любое тело, состоящее из кварков, теперь известно как адрон. В 2015 г. Большой адронный коллайдер — ускоритель частиц, расположенный на территории Швейцарии, — позволил добиться создания адрона с пятью кварками, или пентакварка.

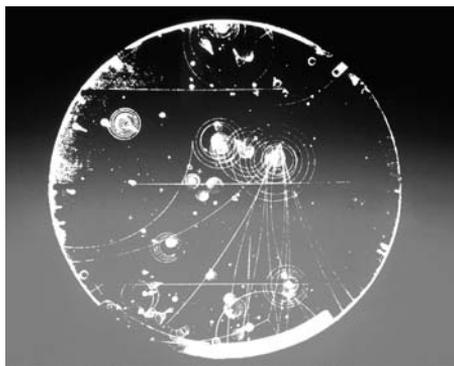
Существует шесть разновидностей кварков:

- верхний;
- нижний;
- странный;
- очарованный;
- истинный;
- прелестный.

Наиболее устойчивые, а потому самые распространенные — верхний и нижний, а другие в конечном итоге распадаются на них. Каждый кварк обладает электрическим зарядом на одну или две трети: так, протон имеет два верхних кварка, один нижний и заряд $+1$, в то время как нейтрон — один верхний, два нижних и общий заряд 0 . Комбинации из трех кварков всегда приводят к целому ряду зарядов, и существуют экзотические и недолговечные комбинации с зарядами в диапазоне от -1 до $+2$.

Первое наблюдаемое доказательство существования кварков появилось в 1969 г., а последний — истинный — был найден в 1995 г. Эта удивительная частица имеет размер электрона: фактически

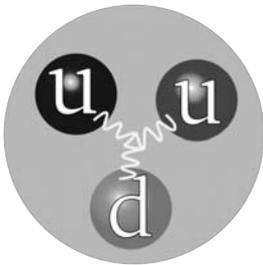
Пути частиц отслеживаются в пузырьковой камере.



КОСМИЧЕСКАЯ ИНФЛЯЦИЯ

В целом теория Большого взрыва довольно убедительна, но к 1980 г. было обнаружено несколько серьезных пробелов, которые необходимо было заполнить. Во-первых, согласно теории, фундаментальные силы разделились на отдельные взаимодействия всего лишь долю секунды спустя после зарождения Вселенной. Очевидно, в то время Вселенная была очень маленькой и очень горячей, а плотность энергии должна была создавать странные эффекты. Эти эффекты не проявились, поэтому к моменту разъединения сил Вселенная должна была стать больше и холоднее. Во-вторых, Вселенная расширяется равномерно во всех направлениях, а для этого ее энергия должна распределяться очень плавно. Как такое могло произойти? Наконец, свету от края Вселенной понадобилась вся жизнь Вселенной, чтобы достичь нас, поэтому, когда Вселенной было всего 10 минут, самое дальнее, что мы смогли бы увидеть, находилось бы на расстоянии 10 световых минут (для сравнения: расстояние от Земли до Солнца составляет 8 световых минут и 18 секунд); через год край Вселенной был бы на расстоянии одного светового года и так далее. Поскольку Вселенная всегда становится больше, у света никогда не было достаточно времени для перемещения от одного ее края к другому; противоположные концы Вселенной никогда не обменивались никакой информацией или энергией. Однако когда мы смотрим на них, оба выглядят одинаково. Как такое возможно?

В 1981 г. американец Алан Гут разработал теорию космической инфляции и применил ее к ранней стадии развития

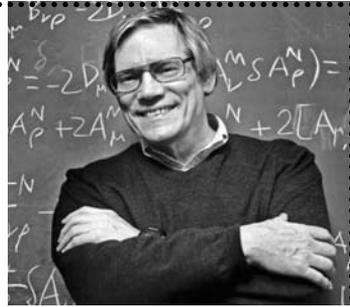


она безразмерна, зато ее масса превышает массу первых двух третей атомов в периодической таблице.

Кварки удерживаются на месте мощным ядерным взаимодействием, которое также

Внутри протона содержатся три кварка: два верхних и один нижний.

Алан Гут.



Вселенной, чтобы закрыть пробелы в теории Большого взрыва. Согласно Гуту, в течение первых 10^{-35} секунд существования (это 100 млрд долей секунды) молодая Вселенная расширялась гораздо быстрее скорости света. За это время объем Вселенной удвоился по крайней мере в 100 раз, разрастаясь из безразмерной точки в пространстве до размера мраморной плиты.

Столь быстрое расширение позволило бы Вселенной остыть быстрее, что решило бы проблему сил. Молодая Вселенная росла очень быстро, и в какой-то момент ее истории везде (достаточно близко, чтобы можно было наблюдать из одной точки, например с Земли) все начиналось в одном и том же локальном кусочке Вселенной, поэтому неудивительно, что все выглядит одинаково. Наконец, инфляция закончилась, когда энергия стала достаточно сглаженной. Крошечные колебания оставались, и они были заперты как структура Вселенной для остальной части времени. Теория предсказывает, что инфляция будет продолжаться вечно, создавая новые вселенные по мере своего протекания. Есть ли надежда на существование множества вселенных вне нашей собственной — это вопрос, ответа на который не видно. Инфляция хорошо согласуется с остальными теориями Большого взрыва, но до сих пор нет ее прямых доказательств.

заставляет атомное ядро оставаться целым. Стандартная модель включает в себя бозоны — частицы, которые опосредуют фундаментальные силы; глюон контролирует мощность, а фотон — электромагнитную силу. Слабое ядерное взаимодействие, которое участвует в высвобождении тяжелых химических элементов во время радиоактивного распада ядра, контролируется бозонами W и Z . В Стандартной модели соответствующего бозона нет только у силы притяжения — гравитации.

тации. Для того чтобы найти этот бозон, физики элементарных частиц должны понять, как гравитация работает на квантовом уровне. Увы, пока это невозможно.

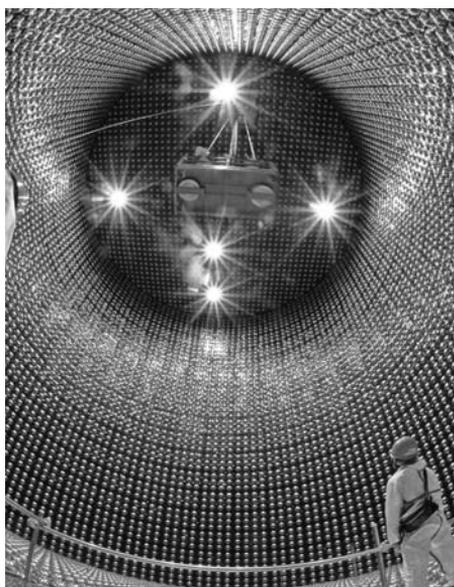
НЕЙТРИНО

Другой участник Стандартной модели — нейтрино, самая маленькая из известных частиц. Как следует из названия, эти частицы обладают нейтральным зарядом, и для каждого члена семейства электронов (включающих также нестабильный мюон и еще более нестабильный тау) существует соответствующая частица нейтрино. Они образуются в результате радиоактивного распада, когда протоны и нейтроны переключаются от одного к другому. Подобные вещи постоянно происходят во время ядерного синтеза, поэтому Вселенная буквально кишит нейтрино, излучаемыми звездами, в том числе и нашим Солнцем.

Ежесекундно через каждый квадратный сантиметр поверхности Земли проходит 65 млрд нейтрино. Они не подвержены влиянию электромагнитных полей и поэтому просто проле-

тают сквозь нас и нашу планету. Хотя они и подвержены влиянию гравитации, их масса настолько ничтожна (вес 0,5 млн нейтрино сравним с весом одного электрона), что найти их невероятно сложно.

Последний член Стандартной модели — семнадцатый — также было очень трудно обнаружить: для этого потребовалось самое большое устройство из когда-либо созданных. Подробнее о нем на с. 258.



Детектор для обнаружения нейтрино.

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Электрическое сопротивление — основная причина потери энергии в наших бытовых приборах: компьютерах, телевизорах и электросети. Чуть более 100 лет назад было обнаружено такое явление, как сверхпроводимость, при котором электрическое сопротивление материала равно нулю. Такая особенность позволила изучить крошечные квантовые эффекты в больших масштабах, а кроме того, это открытие принесло перспективу развития будущей технологии практически тотальной эффективности всего. Однако была и загвоздка: дело в том, что сверхпроводимости можно достичь только при очень низких температурах, а энергия, необходимая для их достижения, сводила на нет любые действия по ее сбережению.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

Тем не менее с использованием сверхпроводника были разработаны очень важные технологии:

- магнитно-резонансная томография (МРТ) позволяет получать детальные снимки мягких тканей организма;
- масс-спектрометры используют мощные сверхпроводящие магниты для изгиба пучков заряженных частиц и молекул в качестве средства измерения их размера и химического состава;
- технология маглев (магнитная левитация) использует невероятно мощные сверхпроводящие магниты, которые создают условия, чтобы поезд парил над намагниченной колеей и за счет отсутствия трения двигался с рекордной скоростью.

Все эти технологии подразумевают использование компонентов, работающих при температуре ниже $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В 1986 г. инженеры Карл Мюллер и Йоханнес Георг разработали керамику, которая обрела свойства сверхпроводника при температуре $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Да, на первый взгляд такие условия могут показаться не самыми комфортными, но на языке

ДНК-ДАКТИЛОСКОПИЯ

Ни одна телевизионная криминальная драма сегодня не может считаться завершенной, если в ней нет упоминания образцов ДНК, указывающих на подозреваемого. И действительно, открытие ДНК позволяет сегодня выносить обвинительные приговоры по делам, по которым раньше — до середины 1980-х гг. — они были невозможны. Результаты анализов ДНК используются даже для вынесения приговоров за исторические преступления, совершенные более 50 лет назад. Все это стало реальностью благодаря профилю ДНК, или технике снятия так называемых генетических отпечатков, разработанной генетиком Лестерского университета (Великобритания) Алеком Джеффрисом в 1984 г.

Профиль ДНК — это не полная запись генов человека. Это ограничило бы его использование в качестве формы идентичности, потому что около 99,9 % последовательностей ДНК человека одинаковы для каждого из нас. Вместо этого система Джеффриса использует собственный механизм клетки для поиска и умножения фрагментов кода ДНК, которые повторяются по крайней мере дважды, а возможно, и множество раз. Эти участки усиливают, окрашивают и затем разделяют на геле, чтобы выявить рисунок полос различной толщины, каждая из которых указывает область повторяющегося кода. Согласно статистике, существует множество областей, где код повторяется в каждом человеке, но количество повторов разных типов очень индивидуально, хотя и не уникально. Образцы повторов

распространяются в семьях, и поэтому такие генетические отпечатки могут быть использованы для уверенного доказательства семейных отношений.



Генетические отпечатки ДНК.



Для магнитной левитации необходима сверхпроводимость.

сверхпроводников любая температура выше точки кипения жидкого азота ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) воспринимается как условно высокая, а следовательно, относительно простая в обслуживании, ведь жидкий азот считается недорогим и довольно распространенным источником холода.

Исследования в области высокотемпературных сверхпроводников продолжаются, и сегодня нам уже известно о некоторых материалах, способных работать при температуре всего лишь $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (хотя и при очень высоком давлении). Кроме того, продолжаются поиски святого Грааля сверхпроводников, работающих при комнатной температуре. Несмотря на название, такие сверхпроводники эффективны уже при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, но инженеры были бы счастливы иметь возможность охлаждать их с помощью повседневной морозильной техники.

ГЛУБОКИЙ ХОЛОД

Именно развитие технологии рефрижераторов в первую очередь привело к открытию сверхпроводников. В 1898 г. сэр Джеймс Дьюар сумел охладить газообразный водород до $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, превратив его в жидкость. В следующем году он сумел



Быстрый транзитный поезд в аэропорт Шанхая — это маглев, то есть поезд, работающий по принципу магнитной левитации.

охладить его до твердого состояния — заморозить. Он предполагал, что такой маленький и простой элемент, как водород, будет иметь самую низкую температуру плавления в природе. К его ужасу, исследование гелия показало, что он не конденсируется вплоть до достижения $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Гелий в то время был достаточно редким веществом, так что Дьюар не смог получить его достаточное количество, чтобы преуспеть в его сжижении, и упустил возможность быть увековеченным в этой главе учебников истории науки (правда, он занимает немало других страниц).

Эта честь выпала на долю голландского исследователя Хейке Камерлинг-Оннеса, которому удалось получить сжиженный гелий в 1908 г. Затем он начал использовать жидкий гелий в качестве охлаждающей жидкости и исследовал, что произойдет с другими материалами, если охладить их до температуры, на несколько градусов превышающей абсолютный нуль. В 1911 г. Камерлинг-Оннес охладил ртуть до 4 К и обнаружил, что электрическое сопротивление металла полностью исчезло — она стала сверхпроводником. Кроме того, в 1933 г. также было обнаружено, что когда ртуть становится сверхпроводником, она блокирует проникновение любого магнитного поля — этот эффект и лег в основу магнитной левитации.

Хейке Камерлинг-Оннес.

Электрическое сопротивление вызвано тем, что атомы оказываются на пути потока электронов, формирующих электрический ток. Атомы образуют большой барьер, поскольку они перемешиваются при высоких температурах, поэтому у большинства материалов сопротивление растёт по мере нагревания. Снижение тепловой энергии замедляет материал, поэтому возникает меньшее сопротивление. Однако почему сопротивление полностью исчезает, до сих пор остаётся загадкой. Лучшую

теорию предлагают куперовские пары, которые представляют собой два электрона, связанных друг с другом при низких температурах. Работая вместе, электроны не рассеиваются вокруг, поскольку они движутся через материю, как одиночный электрон, и поэтому не теряют энергию из-за сопротивления.



ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ

По сравнению с революцией в области коммуникаций, в науках о жизни в 1990-х гг. произошел более тихий сдвиг в технологиях. В 1996 г. овца Долли стала первым клонированным млекопитающим; с точки зрения генетики результат клонирования был равнозначен классической модели передачи информации от матери к дочери. Ученые начали изучать технологии стволовых клеток, в том числе возможности программирования клеток для выращивания новых частей тела. Сейчас разрабатываются методы генетической модификации, которые могут быть использованы для введения новых генов в ДНК любого животного существа. Самой известной системой был *CRISPR* (сокращение от чего-то еще более загадочного — *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*, буквально: «короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами»). *CRISPR* представляет собой набор ДНК-кодов, используемых бактериями для удаления нежелательной ДНК, внедренной вирусами. Генные инженеры взяли эту способность под контроль и используют ее, чтобы выделить ДНК из любого организма — и этот выделенный ген затем может быть добавлен в ДНК совершенно другого вида. Сегодня *CRISPR* и связанные с ним технологии являются повседневным инструментом, способным манипулировать ДНК в больших масштабах. Генетика



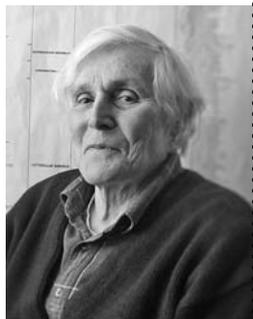
все еще догоняет эту технологию, поскольку ученые выясняют, какой ген за что отвечает и стоит ли их использовать в генетической модификации. Тем не менее эта биотехнология наверняка сыграет боль-

Овца Долли.

РЕОРГАНИЗАЦИЯ ЖИЗНИ

Создавая свою систему классификации жизни, Карл Линней разделил организмы на два больших царства: *Animalia* (животные) и *Plantae* (растения). Сегодня большинство биологов работают с пятью царствами, добавляя к вышеперечисленным *Monera* (бактерии), *Protista* (амебы и другие простейшие) и *Fungi* (грибы и плесень). Однако этого было недостаточно для американского биолога Карла Вёза. В 1977 г. он обнаружил, что под царством *Monera* на самом деле скрываются две абсолютно разные генетические группы: одна из них соответствовала бактериям в нашем современном понимании, а другая включала организмы, способные выживать в экстремальных условиях, губительных для большинства живых клеток, — экстремофилы. Вёзе назвал эти формы жизни археями. В основном они обитают в горячих вулканических источниках или в глубоких скалах, залитых различными солями и другими соединениями. В 1990 г. Вёзе предложил скорректировать классификацию живых организмов, добавив три области — домены (или надцарства), — которые будут выше царств: археи, бактерии и эукариоты. Вёзе распределил живые организмы на домены, опираясь на наличие такого признака, как характерная форма рибосомальной РНК (рРНК) в клетках. В 2012 г. шведский микробиолог Стефан Лукета предложил добавить еще два домена — вирусы (инфекционные ДНК и белковые структуры) и прионы (инфекционные белки, лишённые ДНК).

Карл Вёзе.



Археи.

ВСЕМИРНАЯ ПАУТИНА

1990-е гг. стали десятилетием Всемирной паутины — волнующим временем, предшествующим доминированию *Google* и *Facebook*. В 1940 г. Джордж Роберт Штибиц подключил электромеханический калькулятор к телефонной линии и смог управлять им с помощью клавиатуры на другом конце линии. Таким был первый сетевой компьютер, на который должны были полагаться крупные организации. В 1960-х гг. американские военные разрабатывали систему защиты своей коммуникационной сети от атак. Результатом стала сеть *ARPANET* — сокращение от названия разрабатывавшего ее Агентства перспективных исследовательских проектов (от англ. *Advanced Research Projects Agency Network*). В этой сети использовалась система, называемая коммутацией пакетов, в которой каждый сигнал разбивается на части небольшого размера — так называемые пакеты, которые передаются по сети независимо друг от друга либо последовательно друг за другом по виртуальным соединениям и собираются на другом конце. Пакеты находили свой собственный маршрут через сеть, и если один из них не достигал места назначения, получатель отправлял сообщение обратно, чтобы запросить его снова. Эта система сделала сети очень устойчивыми к атакам. Даже если бы некоторые линии связи были прерваны, коммутация пакетов автоматически пропустила бы сообщение адресату.



шую роль в будущем медицины и сельского хозяйства. Позволит ли общество использовать его в косметических, эстетических и социальных целях, пока неизвестно.

Генетическое наследование (или родословная) домашних животных крайне важно для выведения пород.

ARPANET был включен в 1969 г. и начал соединять сети нескольких университетов — сначала в США, а затем и по всему миру. Затем к ним подключились деловой мир и индустрия коммуникаций, и вскоре растущая сеть сетей стала называться интернетом.

Многие используют термины «интернет» и «веб» как синонимы; тем не менее интернет — это физическая сеть компьютеров и кабелей, а веб — это система обмена информацией, изобретенная в 1989 г. британцем Тимом Бернерсом-Ли — ученым-компьютерщиком, работавшим в Европейском центре ядерных исследований ЦЕРН (от фр. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN)*) недалеко от Женевы (Швейцария). Идея состояла в том, чтобы просмотреть содержимое одного компьютера (информация в любом случае должна была быть обнародована) через окно на другом компьютере. Таким образом, через интернет отправлялись только определенные единицы информации, а не все имеющиеся файлы. Бернерс-Ли разработал язык разметки гипертекста (*HTML*), который упорядочивал слова и изображения и позволял пользователям нажимать на ссылки между одним документом и другим. Сегодня его употребление настолько распространено, что нас удивляет мысль о том, что веб-браузер, который мы ежедневно используем для просмотра новостей, покупок и общения с друзьями, был разработан Бернерсом-Ли для широкого пользования только в 1991 г.

ИСКУССТВЕННЫЙ ВЫБОР

Люди на протяжении тысячелетий модифицировали гены растений и животных посредством искусственного отбора. Заводчики выбирали, какие домашние животные или сельскохозяйственные растения следует использовать для разведения последующих поколений. Выбор всегда падал на те образцы, которые быстрее росли и обеспечивали лучшее питание. При этом фермеры изменяли у популяции организмов генофонд, или, иначе говоря, совокупность генов.

ГЕННЫЙ ИНЖЕНЕР

Селекционное разведение — процесс очень медленный, особенно для таких долгоживущих организмов, как фруктовые деревья. Когда ученым наконец стал известен принцип работы генов, они начали манипулировать ими: они взяли под контроль клеточные механизмы, которые копируют и считывают, и сохраняли ДНК, организованную в ядре. В 1972 г. Полу Бергу удалось объединить ДНК двух вирусов, чтобы создать совершенно новую, или трансгенную, сущность. Два года спустя Рудольф Йениш создал трансгенных мышей, добавив ДНК ретровируса в их клетки, пока они еще были эмбрионами.

Генные инженеры начали использовать аналогичные методы для улучшения сельскохозяйственных культур, добавляя гены других организмов, чтобы помочь им обрести устойчивость к морозу и болезням. Процесс создания генетически модифицированных растений включает в себя выведение необходимого гена из исходного донорского организма. Затем этот ген либо внедряется (по аналогии с вирусом, часть которого входит в клетку-мишень и вводит ДНК), либо может использоваться так называемая генная пушка, выстреливающая крошечными частицами золота или другого металла, покрытыми огромным количеством ДНК. Большая часть ДНК и клеток просто рассеивается, но в некоторых случаях ДНК попадает в клетку неповрежденной и включается в материал ее ядра.

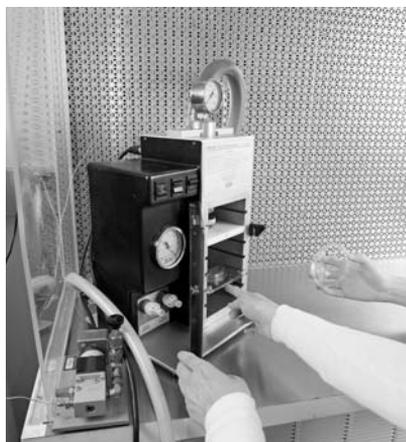
В некоторых странах люди с подозрением относятся к генетически модифицированным организмам (ГМО), особенно к культурам и сельскохозяйственным животным. Они обеспокоены тем, что эти трансгенные организмы сбегут, а их искусственные гены попадут в дикий генофонд, последствия чего никем не проверены и неизвестны. Однако существует



Рудольф Йениш.

Генная пушка.

великое множество других способов использования ГМО. Например, инсулин, используемый для лечения диабетиков, массово производится в очень чистой и безопасной форме с использованием генномодифицированных бактерий, которые несут ген человеческого инсулина. Хотя одна бактерия производит только крошечный объем инсулина, миллиарды могут производить безграничные запасы.



Клон — это особь, которая является точной генетической копией другого оригинального организма. Многие растения и мелкие животные, например тля, эффективно размножаются путем клонирования. Это происходит очень быстро, но это и очень рискованный процесс. Половое размножение смешивает гены, образуя разнообразную популяцию, более устойчивую к изменениям условий, особенно болезням. Тем не менее генные инженеры хотели исследовать клонирование как способ создания ГМО, минуя обычный процесс размножения.

ОВЦА ДОЛЛИ

В 1996 г. овца по имени Долли стала первым клонированным млекопитающим. Часто говорят, что клоны имеют лишь одного родителя, но на самом деле у Долли их было трое: клетку взяли из вымени биологической матери Долли и соединили ее с половой клеткой — ооцитом — другой овцы. Ее собственные клетки были изъяты. Затем получившейся модифицированной яйцеклетке был нанесен крошечный удар током, чтобы она начала делиться на клубок клеток. Этот эмбрион был помещен в третью овцу — суррогатную мать Долли.

Затем Долли родилась обычным образом в Институте Рослина в Эдинбурге (Шотландия). Тем не менее она была единственной выжившей из 227 технических братьев и сестер,

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ

Сегодня мы бы потерялись в пространстве без нашего автомобильного спутникового навигатора или аналогичного приложения для смартфона. Там, где когда-то мы обращались к бумажным картам, теперь мы полагаемся на компьютер, чтобы он объяснил нам, куда идти и сколько времени это займет. Но для этого устройство должно знать, где мы находимся сейчас. Это знание он получает с помощью глобального позиционирования (англ. *Global Positioning System, GPS*). Первоначально разработанная в качестве навигационного инструмента военными США, *GPS* использует совокупность данных с нескольких спутников для триангуляции позиций. После 20 лет работы системы в 1994 г. на орбиту вышел 24-й спутник *GPS*, сделав ее полностью функциональной. К 1996 г. президент США Билл Клинтон сделал полную версию *GPS* доступной для широкой публики, чтобы каждый мог определять свое местоположение с точностью до нескольких метров. Сегодня система работает с 31 спутником, и аналоги разрабатывают Россия, Китай и страны Европейского союза.

Для работы *GPS*-устройству, подобному спутниковому, необходимо принимать сигналы как минимум от трех спутников. Сигналы передают положение спутника в пространстве в заданный момент времени. Для расчета расстояния до каждого спутника навигатор сравнивает разницу во времени между отправкой сигнала и его получением;

затем он использует эти три расстояния (часто больше), чтобы выяснить свое точное положение в любом месте на поверхности земного шара.

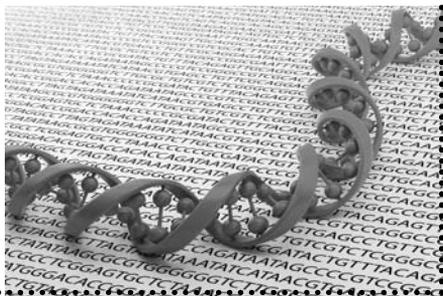


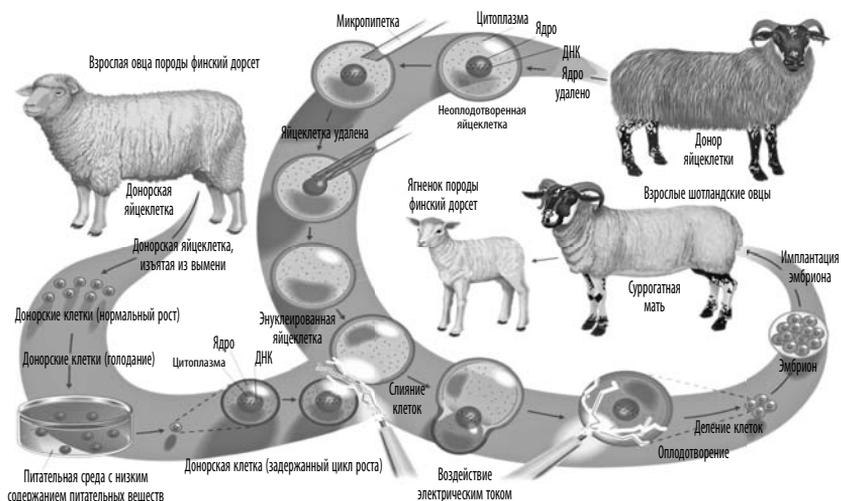
Вездесущий навигатор.

ПРОЕКТ «ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА»

Геном — это полная последовательность ДНК, хранящаяся в клетках организма. В 1990 г. в ходе реализации этого проекта началась расшифровка каждой последней буквы человеческого генома. Первые результаты проекта были опубликованы в 2001 г.: выяснилось, что человеческий геном насчитывает 3 млрд букв А, Т, Г и С (сокращения от названий азотистых оснований в ДНК — аденин, тимин, гуанин, цитозин) во всевозможных комбинациях. Для сравнения: этого достаточно, чтобы заполнить 200 бумажных телефонных справочников. Каждое клеточное ядро содержит полный набор генома. Если бы вся ДНК, использованная только в одной клетке для ее кодирования, была раскрыта, ее длина достигла бы 2 м. У всех нас как у представителей одного вида имеется общий набор генов, в то же время у каждого человека есть свой абсолютно уникальный генетический код. Используемая в проекте «Геном человека» ДНК была в основном получена от одного анонимного донора из Буффало, штат Нью-Йорк (США).

Полученные в рамках проекта результаты говорят нам, что у людей есть около 20 000 кодирующих белок генов — намного ниже первоначального прогноза в 100 000. Сегодня генетики используют данные генома для идентификации генов, хотя мы все еще пребываем в неведении относительно того, что большинство из них делают для нас. Оказалось, десятилетняя работа по расшифровке генома была относительно легкой задачей по сравнению с тем, что ждет нас впереди.





В 1996 г. процесс клонирования был использован для создания овцы Долли.

и поэтому технология клонирования не смогла изменить правила игры. Терапевтическое клонирование пока доказывает свою большую полезность. Оно направлено на создание копий эмбриональных стволовых клеток, а не целого человека. Стволовые клетки — это фундаментальные основы тела, и, если эту технологию можно взломать, в дальнейшем ее можно будет использовать для выращивания новых частей тела или восстановления после травм.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ: ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

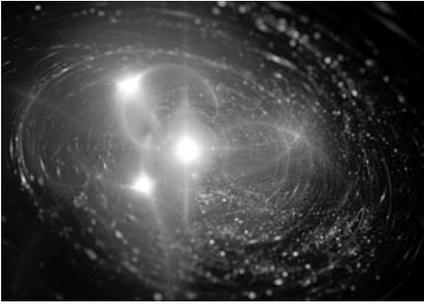
Теория Большого взрыва возникла в первую очередь как логичный вывод из наблюдения, что Вселенная расширяется: если бы мы могли повернуть время вспять, то увидели бы, как Вселенная сжимается, пока в один момент в далеком прошлом вся она не уместилась бы в неизмеримо малый объем; а когда мы снова запустили бы часы вперед, Вселенная вспыхнула бы в Большом взрыве — шумном событии, которое происходило одновременно везде, просто «везде» в тот момент было ничтожно малых размеров.

На протяжении XX в. было собрано множество доказательств, подтверждающих теорию Большого взрыва. Самым значительным оказалось реликтовое излучение, которое представляет собой слабое свечение во Вселенной — след мощной вспышки энергии, выделявшейся, когда вещество впервые формировалось в атомы. Оказалось, что распределение энергии реликтового излучения совпадает с распределением вещества — галактик и звезд, наблюдаемых по всей Вселенной.

БОЛЬШОЙ ХЛОПОК

Если теорию Большого взрыва считать доказанной, то остается тем не менее серьезный вопрос: будет ли Вселенная продолжать расширяться вечно или гравитация в какой-то момент все же одержит победу в этой битве? И если такое произойдет, то застынет ли Вселенная в этом максимальном объеме или под действием той же гравитации снова начнет сжиматься?

Первый сценарий описывает так называемую открытую Вселенную, или Большой разрыв, что в далеком будущем (возможно, через сотни миллиардов лет) повлечет за собой ее тепловую смерть, или Большое замерзание. Вся материя во Вселенной станет настолько разреженной и настолько охлажденной, что



Большой взрыв (возможно).

прекратятся любые физические взаимодействия, в том числе на атомном уровне.

Зато сценарий, при котором Вселенная начнет сжиматься («закрытая Вселенная»), приведет к так называемому Большому хлопку — столкновению

всей имеющейся во Вселенной материи. Такое развитие событий может привести к возникновению невероятно огромной черной дыры, окруженной бесконечно темным и пустым пространством.

Вне зависимости от дальнейшего развития событий одним из главных постулатов теории Большого взрыва является то, что расширение пространства-времени замедляется. Если мы сможем рассчитать это замедление, то сумеем не только предсказать дальнейшую судьбу Вселенной, но и измерить ее массу. Космологи в состоянии рассчитать количество обычной материи во Вселенной, но они все еще не уверены в количестве содержащейся темной материи — загадочной субстанции, которая создает гравитацию, но не реагирует на свет или магнитные волны и поэтому практически не поддается наблюдению. Если бы мы могли измерить замедление пространства-времени, это дало бы нам четкое представление о том, сколько всего материи (или, если сказать точнее, сколько энергии) содержится во Вселенной.

СТАНДАРТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ

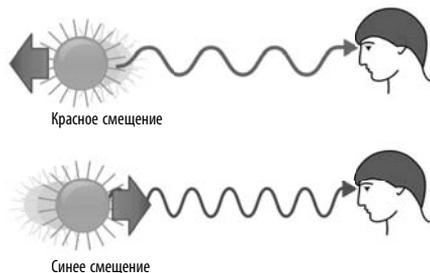
В середине 1990-х гг. стал очевиден метод тестирования скоростей при движении в космосе. Команда астрономов, работающих в Чили, смогла доказать, что сверхновая типа Ia является стандартной свечой: это означает, что расстояние от Земли до вспышки сверхновой определенного типа, аналога которой не раз удавалось наблюдать за пределами нашей Галактики, можно рассчитать по яркости взрыва, видимого с Земли. Сверхновая типа Ia

НЕЙРОННАЯ РЕШЕТКА

В 2005 г. Эдвард и Мэй-Бритт Мозеры обнаружили, что мозг строит модель пространства вокруг него, используя слой клеток — нейронов, — образующих сеть из ячеек (или решетку). Каждая такая ячейка похожа на квадрат на карте, а вместе они создают представление пространства в виде фигуры, нанесенной на миллиметровую бумагу. Ячейки на самом деле образуют треугольную сеть, а не квадратную, но считается, что эффект такой же. Клетки нейронной решетки являются местом пространственной памяти, и при отсутствии внешних раздражителей мозг обращается к этим клеткам, чтобы выяснить свое местонахождение.

рождается очень специфическим способом: некогда остывшая звезда — белый карлик — вращается вокруг общего центра масс вместе с еще одной, гораздо более массивной звездой, образуя двойную систему. При этом белый карлик перетягивает на себя звездное вещество от своего гигантского соседа, неуклонно увеличиваясь в размерах: от диаметра Земли до объекта, который в 1,38 раза превышает массу нашего Солнца. Достигая таких размеров, белый карлик в конце концов взрывается. Все взрывы такого плана производятся звездами примерно одинакового размера и яркости, поэтому если один взрыв выглядит более тусклым, значит, он просто находится дальше других, более ярких.

Кроме того, у каждого взрыва было зафиксировано красное смещение — один из самых важных инструментов в астрономии. Когда свет от любого астрономического объекта идет через расширяющееся пространство, световая волна растягивается, что увеличивает ее длину и снижает частоту. Это называется красным смещением, потому что все ожидаемые



цвета света смещены в сторону низкочастотного красного конца спектра.

Красное смещение — это способ сообщить астрономам, как быстро объект удаляется от Земли. За пределами нашей Галактики все наблюдаемые объекты удаляются от нас. Однако еще одним астрономическим инструментом является время движения света: свет от удаленного объекта достигает Земли за больший отрезок времени, нежели сигнал от ближайшего объекта. Например, свету требуется восемь минут, чтобы преодолеть путь от Солнца до Земли, и четыре года, чтобы попасть к нам от нашего звездного соседа, системы Альфа Центавра. В результате мы видим не то, как Солнце выглядит сейчас, а как оно выглядело восемь минут назад. Хотя если бы все было наоборот, вряд ли это помогло бы нам стать на восемь минут умнее.

От нашего звездного соседа — системы Альфа Центавра — свет летит до нас более четырех лет. Если бы звезды Альфы Центавра исчезли в прошлом году (хотя это все-таки маловероятно), они бы сияли на нашем небе еще три года.

ИЗМЕРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

В конце 1990-х гг. две группы исследователей, одна из которых базировалась в Соединенных Штатах, а другая — в Австралии, решили измерить скорость расширения Вселенной, объединив три параметра: сверхновую типа Ia, красное смещение и световое время:

Первые рентгеновские изображения сверхновой типа Ia подтвердили, что эта вспышка представляет собой взрыв белого карлика, вращающегося вокруг гигантской красной звезды.



- яркость звезд говорит исследователям, как далеко они расположены;
- красные смещения указывают на то, как быстро движутся звезды (из-за универсального расширения);
- световое время показывает, сколько лет было звездам, ведь наблюдаемое сияние многих из них в действительности закончилось миллиарды лет назад.

Команды искали сверхновые типа Ia (часто по очереди используя один и тот же телескоп в Чили) и затем измеряли полученные данные о красных смещениях с помощью другого телескопа на Гавайях. Работать приходилось в крайне напряженном графике, чтобы использовать время доступа к телескопу максимально эффективно.

Общая идея обеих исследовательских групп заключалась в том, что наиболее ранние отдаленные объекты будут двигаться очень быстро, ведь согласно теории молодая Вселенная расширялась быстрее, чем сейчас. Ученые предполагали, что из-за расширения пространства и замедления времени более близкие и более поздние объекты будут двигаться медленнее.

Тем не менее обе команды обнаружили нечто невероятное. Причем до тех пор, пока они не убедились, что их результаты совпадают, они были уверены, что допустили ошибку в расчетах. Дело в том, что около 7 млрд лет назад расширение Вселенной начало ускоряться, а не замедляться. Когда исследователи сократили числа, используя старые теории, данные показали, что Вселенная имела отрицательную массу. Другими словами, во Вселенной действовала какая-то, по сути, антигравитационная неизвестная сила, которая расширяла пространство, — и она работает все быстрее и быстрее.



*Обсерватория
Мауна-Кеа на Гавайях.*

ТЕЛЕСКОП «КЕПЛЕР»

Земля и семейство ближайших к ней планет — далеко не частный случай во Вселенной. Первые планеты за пределами Солнечной системы — экзопланеты — были обнаружены в 1990-х гг. Однако планеты, вращающиеся вокруг далеких звезд, было очень сложно обнаружить с поверхности Земли, поэтому в 2009 г. американское Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства NASA запустило космическую обсерваторию «Кеплер» — орбитальный телескоп со сверхчувствительным фотометром, специально предназначенный для поиска экзопланет за пределами атмосферы. Сосредоточив внимание на относительно небольшом участке неба, телескоп искал небольшие колебания яркости звезд, которые указывали на то, что вокруг них вращаются планеты, которые и блокируют их свет. «Кеплер» идентифицировал более 4000 таких звезд, и чувствительные инструменты на поверхности теперь работают с каждым кандидатом в поисках крошечных красных смещений, которые показывают, как звезды вынуждены колебаться под действием силы тяжести своих планет. На сегодняшний день подтверждено существование более 2300 экзопланет, и, скорее всего, их даже больше, чем звезд. Напрашивается закономерный вопрос: являются ли

какие-либо из этих планет такими же пригодными для развития органической жизни, как Земля?



Космическая обсерватория «Кеплер» была окончательно выведена из эксплуатации в 2018 г.

ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Обнаружив эту информацию за несколько месяцев до начала нового тысячелетия, ведущие исследователи Сол Перлмуттер, Брайан Шмидт и Адам Рисс попытались объяснить, что они нашли. Новая сила природы была названа темной энергией. Согласно подсчетам, из этого темного и загадочного явления состоит $\frac{3}{4}$ всей энергии во Вселенной. Темная материя составляла $\frac{1}{5}$ часть, и это означало, что все звезды и галактики, которые мы видим, составляют всего лишь $\frac{1}{20}$ часть.

Считается, что темная энергия связана с энергией вакуума. Кажется, что даже ничто, космический вакуум, содержит в себе крошечное количество энергии. Поскольку Вселенная расширяется, то в ней появляется все больше и больше этого ничто — настолько, что сегодня вся ее энергия накопилась в доминирующую сущность во Вселенной. Обнаружение темной энергии говорит нам, что Вселенная открыта. Большого хлопка не будет, зато тепловая смерть Вселенной намного ближе, чем предполагалось, — скорее всего, она произойдет в ближайшие 20 млрд лет. Финальное событие Вселенной теперь называется «Большой разрыв». Темная энергия будет продолжать растягивать Вселенную; галактики будут разлетаться до тех пор, пока все звезды не окажутся так далеко друг от друга, что небо станет темным постоянно. Атомы и молекулы будут разорваны на части, образуя невероятно тонкую пленку первичного бульона из изначальных частиц, распространяющихся по бесконечному пространству. Некоторые версии теории Большого взрыва предполагают, что такое состояние сверхнизкой энергии было стартовым условием нашего Большого взрыва. Выходит, все это уже происходило раньше?

*Межамериканская
обсерватория
Серро-Тололо в Чили.*



ОТ БОЗОНА ХИГГСА К ГРАВИТАЦИОННЫМ ВОЛНАМ

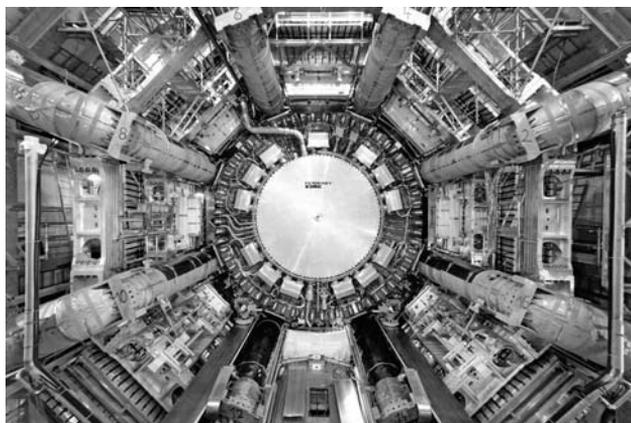
Благодаря стараниям тысяч ученых и выполнению невероятных и масштабных экспериментов в новейшей истории науки удалось достичь колоссальных открытий. Эти поистине титанические усилия принесли плоды, определившие направление развития следующего века науки. В астрономии был открыт новый способ описания Вселенной, который отображает гравитацию, а не излучение, и, похоже, он позволяет нам заглядывать в самые темные уголки пространства и времени. В физике последняя деталь в пазле Стандартной модели была найдена с открытием бозона Хиггса — частицы, которая решает одну из самых сложных проблем в физике и может помочь разобраться с другими загадками.

МАССИВНАЯ ПРОБЛЕМА

Испокон веков было очевидно: одни объекты тяжелее других. Тяжесть, или вес, — это сила гравитации, воздействующая на массу, и чем больше масса объекта, тем более сильное воздействие оказывает гравитация. Ведро воды тяжелее, чем одна капля дождя, хотя вещество в обоих случаях идентично. Дождевая капля легка только потому, что она намного меньше, чем ведро. А теперь представьте, что вы сравниваете ведро воды с ведром ртути: они одинакового размера, но жидкий металл весит в 14 раз больше, а значит, в том же объеме умещается в 14 раз больше массы.

Вся эта базовая физика была выяснена в начале XIX в. и интуитивно понята еще много веков назад. Масса — мера того, сколько вещей упаковано в материал. Предполагалось, что атомы ртути просто больше атомов водорода и кислорода в молекулах воды. Однако физика элементарных частиц доказала, что

Детектор ATLAS на Большом адронном коллайдере был построен для обнаружения бозона Хиггса.



атомы — это вовсе не твердые кусочки вещества; более того, на самом деле они по большей части пусты, и их масса почти полностью происходит от мельчайших составляющих ядра — протонов и нейтронов. Если бы атом был размером с футбольный стадион, электроны болтались бы вокруг трибун, а ядро стало бы шариком в центре. Остальное — пустота.

Протоны и нейтроны, наиболее распространенные типы из семейства частиц, называемых адронами, получают свою массу от кварков внутри них. Кварк имеет тот же размер, что и электрон, — другими словами, он очень мал и занимает одну точку в пространстве. Однако кварк массивнее электрона в 1800 раз, а в случае очень экзотических кварков эта цифра становится еще в миллиарды раз больше. Тогда почему фотоны вообще ничего не весят? Никто не может это объяснить.

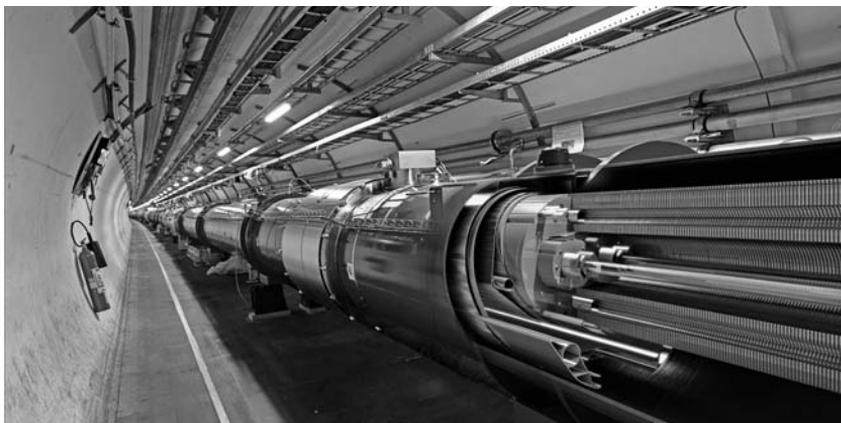
БОЗОН ХИГГСА

Затем в 1964 г. британский профессор Питер Хиггс и еще несколько человек начали свой поход. Они предположили, что Вселенная заполнена квантовым полем (теперь названным в честь Хиггса), которое дало частицам их массу. Без поля каждая частица — будь то кварк, электрон или фотон — была бы безмассовой. Фотоны перемещаются по полю, не провоцируя помех, и поэтому им не препятствуют свойства массы; электроны вызывают только небольшие возмущения в поле и имеют,

соответственно, небольшую массу, тогда как кварки создают большие возмущения. Возмущение заставляет поле Хиггса сгущаться вокруг частицы, и это группирование представляет собой бозон Хиггса, форму волны (или частицу), которая определяет, насколько легко частица движется через поле. Бозоны создают значительные препятствия для движения кварков, что приводит к их большой массе и создает все вещи во Вселенной, которые мы можем видеть, чувствовать и перемещать.

Чтобы найти бозон Хиггса, потребовалось построить самую большую из когда-либо созданных машин, метко названную Большим адронным коллайдером. Эта машина находится в ведении ЦЕРНа и представляет собой 27-километровое подземное кольцо, расположенное на швейцарско-французской границе. Около 1600 сверхпроводящих магнитов размером с грузовик используются для фокусировки протонов на два луча и их ускорения в противоположных направлениях до скорости, которая лишь на долю процента уступает скорости света. Протоны никогда не смогут достичь скорости света, но по мере их приближения к ней увеличение их энергии дает им больший импульс, который можно рассматривать как увеличение массы (хотя это упрощенное представление). На максимальной скорости протоны в коллайдере «весят» в 7000 раз больше, чем на

Ускоритель заряженных частиц, Большой адронный коллайдер, разгоняет пучок протонов, движущихся чуть медленнее скорости света.



начальном этапе, и когда два луча сталкиваются друг с другом, они достигают температуры, которая в 100 000 раз выше температуры в ядре Солнца. На этой энергии протоны образуют так называемую кварк-глюонную плазму — первичную форму материи, которая находилась во Вселенной в первую секунду ее существования. У ученых были надежды, что столкновения покажут поле Хиггса в действии, и в 2012 г. на Большом адронном коллайдере наконец удалось достичь целевого результата.

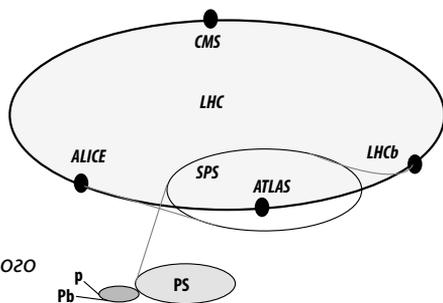
Бозон Хиггса все еще плохо изучен, а недавно модернизированный коллайдер готовится к дальнейшим экспериментам, которые помогут ответить на ряд новых вопросов:

- почему Вселенная началась с большим количеством вещества, чем антивещества;
- образована ли темная материя таинственными сверхчастицами, затевающими известные частицы?

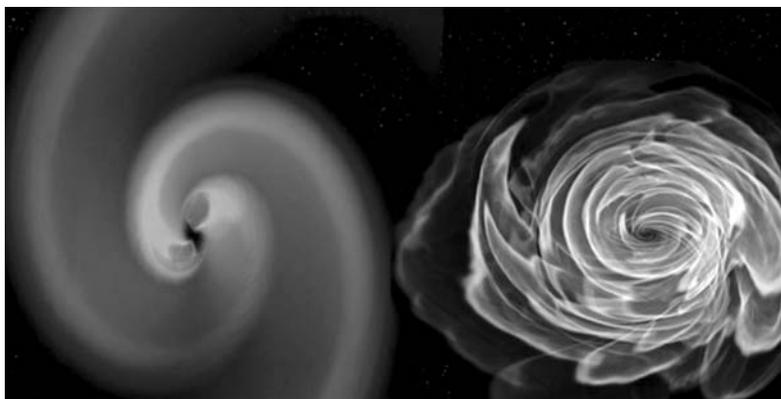
РЯБЬ В КОСМОСЕ

Наука никогда не останавливается, и такой огромный успех, как открытие бозона Хиггса, вскоре стал устаревшей новостью. Еще большей сенсацией стало открытие гравитационных волн в 2016 г. Гравитационные волны были предсказаны 100 лет назад Альбертом Эйнштейном как часть его общей теории относительности. Эта теория объясняла силу гравитации как возмущение в гравитационном поле, вызванное массой. Эйнштейн объяснил, что это возмущение было заложено в самой ткани пространства и времени, и оно струится наружу от движущихся объектов, подобно движущейся лодке, рассекающей водную гладь.

Однако измерение гравитационных волн оказалось очень трудным, потому что они растягивали и сжимали как само пространство, так и все в нем, включая детектор волн. Кроме того, амплитуда реальных колебаний была очень мала, и ученым потребовалось при-



Схематическое устройство Большого адронного коллайдера



Первое космическое событие, наблюдаемое в гравитационных волнах и свете.

бегнуть к международному сотрудничеству и строительству лазерно-интерферометрических гравитационно-волновых обсерваторий длиной 4 км, чтобы наконец их обнаружить.

Эксперимент получил название *LIGO* (сокращение от названия обсерватории). В детекторе *LIGO* использовался мощный источник света, который направлял два лазерных луча под прямым углом вниз по четырехкилометровой трубе, на другом конце которой было установлено зеркало. Лучи отражались и снова встречались в исходной точке. Одна из труб была отрегулирована на несколько миллиардных долей метра, поэтому лазерный свет в ней должен был пройти на половину длины волны больше, чем в другой трубе. Когда эти два луча встретились, их волны полностью уничтожили друг друга.

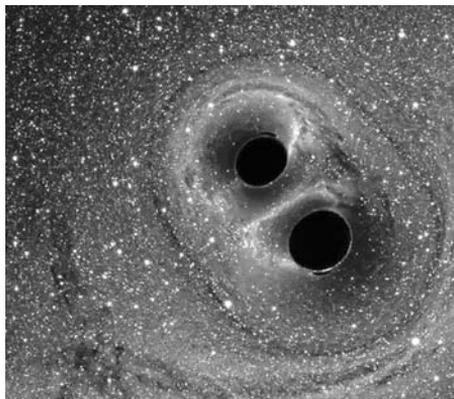
Идея заключалась в следующем: если бы длина одной трубы была слегка изменена гравитационной волной, то пройденное лазером расстояние также изменилось бы. Это изменение означало бы, что при столкновении эти лучи больше не будут подавляться, а оставят отчетливое мерцание света. Это и стало бы свидетельством гравитационной волны. В действительности поверхность Земли все время слегка вибрирует из-за вулканической активности глубоко под землей, поэтому в рамках проекта *LIGO* были построены два комплекса детекторов: один — в Луизиане, другой — в штате Вашингтон. Оба объекта будут испытывать различную

вибрацию от Земли, поэтому команда сможет отфильтровывать эти шумовые сигналы и искать только те эффекты, которые будут обнаружены обоими детекторами одновременно.

СЛИЯНИЕ ЧЕРНЫХ ДЫР

14 сентября 2015 г. *LIGO* обнаружил крошечные колебания, похожие на рябь, — это и были гравитационные волны, которые возникли миллиард лет назад в результате слияния двух черных дыр и теперь наконец достигли Земли. С тех пор *LIGO* и аналогичные эксперименты, которые проводятся в Европе, собирают все больше данных о гравитационных волнах. В настоящее время они могут видеть только метки от мощных взрывов таких космических объектов, как нейтронные звезды и черные дыры; однако уже планируется создание развернутой системы *LIGO* в космосе, которая будет проводить исследование гравитационных волн на орбите вокруг Солнца посредством лазерной интерферометрии на астрономических расстояниях. Длина лазерного луча составит 3 млн км, что значительно превосходит аналогичный показатель обсерватории *LIGO* и делает его чувствительным к гораздо более широкому спектру гравитационных эффектов.

Новый космический проект известен под названием *eLISA* (от англ. *Evolved Laser Interferometer Space Antenna* — лазерная интерферометрическая космическая антенна). Скорее всего, подготовка этого совместного космического проекта *NASA* и Европейского космического агентства (англ. *European Space Agency, ESA*) займет десятилетия, но цель оправдывает средства, ведь возможность отобразить гравитацию Вселенной совершенно точно станет переломным моментом в астрономии. Это позволит нам заглянуть внутрь черных дыр,



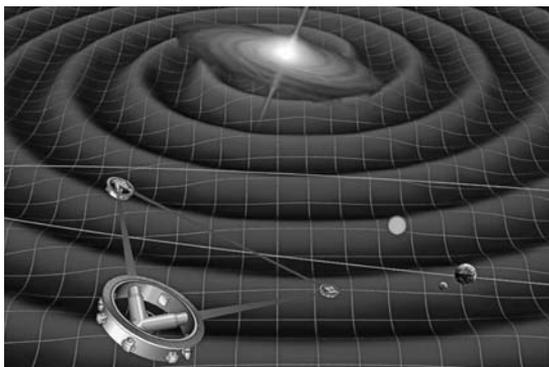
Слияние черных дыр.

горизонт событий которых никогда не покидает свет, и заглянуть за пределы космического микроволнового фона в первые дни существования Вселенной. То, что мы там найдем, может полностью изменить наш взгляд на Вселенную.

БУДУЩИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В настоящее время все еще ведутся поиски гравитационных волн, и лучшее место для этого — как можно дальше от фонового шума и вибрации Земли. В декабре 2015 г. была запущена космическая обсерватория *LISA Pathfinder*. Этот космический аппарат направляется на орбиту в L1 — гравитационно устойчивое положение между Солнцем и Землей. Там он будет испытывать приборы лазерной интерферометрии в космосе в надежде, что они смогут использоваться в более амбициозном эксперименте под названием *eLISA*. В проекте *eLISA*, предварительно запланированном на 2034 г., будут использоваться три космических аппарата, триангулированных вокруг Солнца. Лазерные лучи будут запускаться между аппаратами, совершая лазерный путь длиной 3 млн км. Таким образом, они будут экспоненциально более чувствительны к гравитационным волнам, чем обсерватория *LIGO*.

Открытие гравитационных волн — современный эквивалент наблюдения Галилея за спутниками Юпитера или открытия Хабблом расширяющейся Вселенной, и похоже, гравитационная астрономия навсегда изменит наш взгляд на Вселенную.



Детектор гравитационных волн eLISA займет пространство почти в 1 млн раз больше, чем наземная система LIGO.

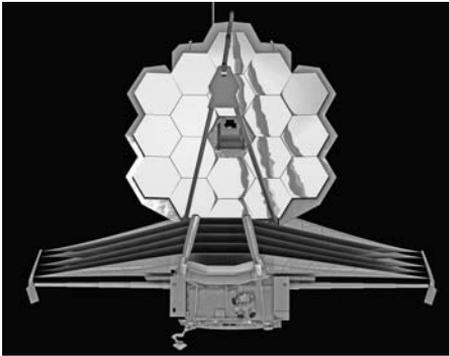
БУДУЩЕЕ

Ни один ученый не думает, что скоро ему нечем будет заняться. На самом деле наука должна продолжаться вечно. Невозможно узнать все. Если окажется, что Вселенная может быть понята целиком, это вступит в противоречие со всем, что мы знаем о ней на самом фундаментальном уровне. Если бы мы когда-нибудь решили, что знаем все, нам пришлось бы вернуться и начать все сначала, ведь это означало бы, что где-то допущена ошибка.

На самом деле наука не раскрывает факты: она просто опровергает ложные суждения и при этом создает модель того, как работает Вселенная и все в ней. По мере развития проекта «Наука» эта модель становится все ближе и ближе к тому, что мы наблюдаем. Однажды модель может оказаться настолько тесно связанной с реальностью, что мы просто перестанем пытаться ее улучшить. Но мы еще не пришли в эту точку. Давайте посмотрим, что ждет науку в будущем.

ОЧЕНЬ БОЛЬШОЙ ТЕЛЕСКОП

Старт работы Космического телескопа имени Джеймса Уэбба, запуск которого первоначально был запланирован на 2018 г., был отложен в связи с возникновением проблем технического характера. Когда телескоп наконец будет отправлен на орбиту (его запуск состоялся 25 декабря 2021 г.), он станет крупнейшим космическим телескопом в истории и предоставит нам еще более мощные и точные изображения даже по сравнению с телескопом Хаббла. Телескоп Уэбба будет отображать Вселенную в инфракрасном диапазоне, и это означает, что его детектор должен очень хорошо охлаждаться, чтобы обнаруживать слабые лучи тепла из самого глубокого космоса. Телескоп будет оснащен позолоченным зеркалом, диаметр которого составит 6,5 м, а площадь собирающей поверхности для получения тепловых сигналов — 25 м². Зеркало будет скрыто от инфракрасного излучения со стороны Солнца и Земли теплозащитным экраном, размеры которого превосходят средний теннисный



Телескоп Уэбба.

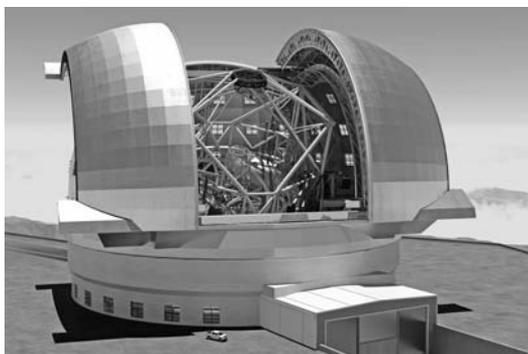
корт. Телескоп выведут на орбиту дальше Земли, где тень нашей планеты защитит его от солнечного тепла. Уэбб заглянет в темные туманности, чтобы наблюдать за развитием протозвезд, которые еще слишком молоды, чтобы излучать свет. Запуск

телескопа позволит нам взглянуть в реликтовое излучение, в край видимой Вселенной. Именно здесь находятся самые старые галактики и первые звезды, образовавшиеся после Большого взрыва. Именно здесь пространство настолько растянуто, что звездный свет превратился в невидимое красное тепло. Космический телескоп имени Джеймса Уэбба позволит нам впервые увидеть эти звезды.

ЧРЕЗВЫЧАЙНО БОЛЬШОЙ

Европейский чрезвычайно большой телескоп *E-ELT* не нуждается в дополнительном описании, кроме единственного: он строится в горных пустынях Чили, а не в Европе. Планируется, что, управляемый Европейской южной обсерваторией, телескоп начнет работу в середине 2020-х гг. Ширина его основного зеркала составит 39,3 м, в отличие от карликового зеркальца «Хаббла», диаметр которого — всего 2,4 м. Тем не менее этому телескопу придется смотреть сквозь колебания атмосферы Земли, которая заставляет звезды тускнеть и мерцать. Однако телескоп планируется снабдить уникальной адаптивной оптической системой из пяти зеркал, которая будет компенсировать искажения земной атмосферы и даст возможность получать изображения с большей степенью детализации. Основное зеркало будет состоять из почти 800 гексагональных элементов, каждый из которых сможет менять положение тысячи раз в секунду, чтобы нивелировать атмосферные помехи. Этот удивительный телескоп будет в 15 раз мощнее телескопа Хаббла, что позволит ему

Европейский
чрезвычайно большой
телескоп (E-ELT).



сфотографировать экзопланеты, вращающиеся в других мирах. Такая точка зрения точно позволит астрономам увидеть спектры поглощения этих инопланетных миров, а распространение света покажет, какие химические вещества находятся в атмосфере каждой планеты. Если телескоп *E-ELT* повернется к планете, похожей на Землю, — к каменистому миру, температура на поверхности которого допускает существование жидкой воды, найдет ли он химические признаки жизни? Если так, то что тогда?

ПОИСКИ ЧУЖАКОВ

Астробиология — это отрасль науки о жизни, которая занимается поисками жизни за пределами нашего мира. Если астробиологу все же удастся найти инопланетян, такой специалист будет называться экзобиологом. Экзобиология — это изучение инопланетной жизни, вот только мы пока так ничего и не нашли. Экзопланет, по оценкам ученых, больше, чем звезд, поэтому есть хорошие шансы, что только в нашей Галактике можно найти несколько миллиардов планет земного типа. Если *E-ELT* или другой аналогичный проект действительно найдет убедительные доказательства существования биосферы в одном из этих миров, шансов изучить жизнь этого мира будет ничтожно мало. Возможно, подобная Земле экзопланета вращается вокруг ближайшего звездного соседа Солнечной системы — Проксимы Центавра, которая удалена от нас на четыре световых года. Команде биологов понадобятся века, чтобы добраться туда на борту наших современных космических аппаратов.

Даже получение ответа на радиосигнал, адресованный инопланетной цивилизации в систему Проксима Центавра, потребует не менее восьми лет. Маловероятно, что инопланетные цивилизации будут хоть сколько-нибудь напоминать нашу, но астробиологи уверены, что простые одноклеточные формы жизни могут быть относительно распространенным явлением. Более того, есть шансы обнаружить такие виды инопланетной жизни даже в рамках нашей собственной Солнечной системы — например, на спутнике Юпитера Европе или спутнике Сатурна Энцеладе. Считается, что их поверхность покрыта льдом, под которым скрыты обширные океаны с жидкой водой.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Иногда это может показаться ограниченным и жестоким, но человеческая цивилизация построена на развитом интеллекте, что, скорее всего, большая редкость для Вселенной. Хотя Земля — всего лишь одна из миллиардов планет в невыразительном уголке средней галактики, это уникальное место со своими особенностями: необычной Луной, тяжелым металлическим ядром, стабильной звездой и множеством соседей, составляющих мир, который смог развить сложные формы жизни — людей.

Однако может случиться так, что первыми учеными, которым удастся преодолеть безграничные расстояния, необходимые для изучения инопланетных миров, будут не люди, а носители искусственного интеллекта (ИИ). За последние несколько десятилетий технология ИИ стала центральным направлением передовых разработок. Правда, плоды этого внимания оказались не совсем тем, о чем писали авторы научно-фантастических романов.

ИИ может быть многим: часто это просто экспертная система — обширная база данных, которую заполнили знаниями по предмету эксперты-люди. Такой вид ИИ консультируется с данными, прежде чем принять то или иное решение. Часто экспертная система работает вместе с другим видом технологии ИИ — машинным обучением. Именно здесь компьютер программирует себя методом проб и ошибок для выполнения поставленных задач. Он проходит период обучения, выполняя миллионы итераций, пока программа не будет усовершенствована. Затем он использует ее для анализа данных —

таких, например, как изображение или звук — и решает, что это такое и что с этим делать (именно здесь и появляется экспертная система).

Этот вид ИИ стоит за распознаванием голоса в интеллектуальных колонках, поисковых системах и социальных сетях, предлагая ссылки, которые, по его мнению, вы хотите видеть (в том числе рекламу), а также именно он отвечает за распознавание образов в медицинских и военных приложениях. Такой вид ИИ может выполнять эту работу лучше и быстрее, чем мы, но это максимум, на что он способен. А как насчет ИИ, который будет так же умен, как мы?

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

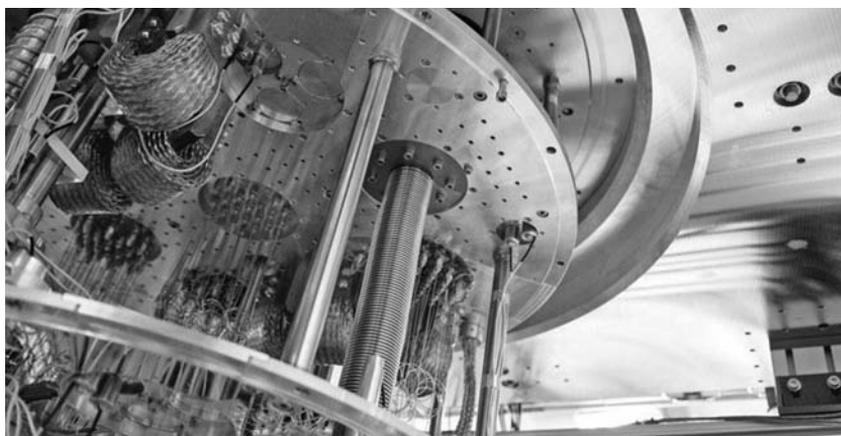
Возможно, для совершенства ИИ не хватает достаточного количества данных. Некоторые психологи предполагают, что человеческое сознание и воображение, которые лежат в основе нашего новаторского интеллекта, — это феномены, возникающие в результате работы подсознания, которое достигло порога обработки информации. Наш мозг содержит так много сведений, что мы стали сознательными, чтобы эффективно ими управлять. Произойдет ли то же самое с машинным интеллектом? А может быть, уже произошло?

Устройств, подключенных к интернету, уже гораздо больше, чем людей на Земле, и это число быстро растет: это не только компьютеры и телефоны, но и стиральные машины, и светофоры, и кассы в магазинах, и погодные зонды далеко в море.

Эта идея называется интернетом вещей. Все элементы интернета вещей производят огромное количество данных. Каждая часть полезна по-своему, но, будучи объединенной в большие данные (*Big Data*), она может выйти за пределы этого использования и найти информацию, о которой мы не знали. Кто знает, что мы в результате обнаружим.

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Требования к *Big Data* и ИИ могут выходить за пределы возможностей компьютеров на кремниевых процессорах. Электронные компоненты не смогут уменьшаться до бесконечности —



Прототип квантового компьютера.

всему есть предел, и мы быстро к нему приближаемся. Однако есть некоторая теоретическая альтернатива использованию квантовых характеристик для переключателей в логических схемах компьютера. Компоненты классического компьютера двоичны, поэтому они могут быть либо включены (1), либо выключены (0). Это означает, что компьютер содержит только один бит данных (1 или 0). Эквивалентный квантовый компонент имеет особый шанс быть включенным или выключенным и поэтому эффективно включен и выключен в одно и то же время. Следовательно, он содержит два бита информации, а не один. Все усложняется очень быстро: 32-битный классический компьютер обрабатывает 32 бита информации одновременно, а 32-квантовое, или кубитное, устройство за один раз может обработать $4\,294\,967\,296$ бит. Такая ощутимая разница означает, что квантовые вычисления могут быть в состоянии справиться с математикой, которая выходит за рамки современных вычислений. Однако технология, необходимая для управления атомами или субатомными частицами в той степени, в которой мы можем использовать их в качестве компьютерного процессора, все еще нам не дается. Но наука продолжает искать способы решить эту задачу, если такое в принципе возможно.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ (СИ)

Величина	Единица	Символ
Длина	Метр	м
Масса	Килограмм	кг
Время	Секунда	с
Сила электрического тока	Ампер	А
Термодинамическая температура	Кельвин	К
Количество вещества	Моль	моль
Сила света	Кандела	кд

Эти семь единиц являются основой всех измерений.

Измеряемая величина	Единица	Символ	Выражение через основные единицы СИ	Выражение через производные единицы СИ
Энергия	Джоуль	Дж	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$	$\text{Н} \cdot \text{м}$
Сила	Ньютон	Н	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	$\text{Дж} \cdot \text{м}^{-1}$
Давление	Паскаль	Па	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$	$\text{Н}/\text{м}^2$
Мощность	Ватт	Вт	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$	Дж/с
Электрический заряд	Кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$	$\text{Дж} \cdot \text{В}^{-1}$
Разность потенциалов	Вольт	В	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$	Дж/Кл
Сопrotивление	Ом	Ом	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$	В/А
Проводимость	Сименс	См	$\text{с}^3 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$	Ом^{-1}
Електроемкость	Фарад	Ф	$\text{с}^4 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$	Кл/В
Световой поток	Люмен	лм	кд · ср	
Освещенность	Люкс	лк	кд · ср / м ²	лм/м ²
Частота	Герц	Гц	с ⁻¹	
Радиоактивность	Беккерель	Бк	с ⁻¹	
Активность катализатора	Катал	кат	моль/с	

РАССЧИТЫВАЕМЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ СИ

Метрические префиксы довольно просты для понимания и очень удобны для преобразований. Вам не нужно знать природу единицы, чтобы преобразовать ее, например, из килоединицы в мегаединицу. Все метрические префиксы имеют степень 10. Наиболее часто используемые префиксы выделены в таблице.

Префикс	Символ	Множитель
иотта-	И	$10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
зетта-	З	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
экса-	Э	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
пета-	П	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
тера-	Т	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
гига-	Г	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
мега-	М	$10^6 = 1\ 000\ 000$
кило-	к	$10^3 = 1\ 000$
гекто-	г	$10^2 = 100$
дека-	да	$10^1 = 10$
деци-	д	$10^{-1} = 0,1$
санتي-	с	$10^{-2} = 0,01$
милли-	м	$10^{-3} = 0,001$
микро-	мк	$10^{-6} = 0,000\ 001$
нано-	н	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
пико-	п	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
фемто-	ф	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
атто-	а	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
zepto-	з	$10^{-21} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
иокто-	и	$10^{-24} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

Важность. Вы когда-нибудь задумывались, сколько фемтосекунд умещается в минуте? А насколько велик петаватт?

Большинство людей, даже в тех странах, где используется метрическая система, употребляют только самые важные метрические префиксы вроде «кило-» и «милли-». Они очень удобны для понимания метрических преобразований.

Такие префиксы, как «zepto-» или «иотта-», очень специфичны и используются в основном в науке.

Мир науки удивителен и многообразен. Одно случайное наблюдение может запустить цепочку важнейших для человечества открытий, как это было с изобретением антибиотиков.

Эта книга поможет проследить путешествие научной мысли от древнейшего общества, создававшего примитивные каменные орудия, до наших дней, когда процветают генетика, медицина, физика, химия, искусственный интеллект и активно изучается космос.



БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ АЛХИМИЯ
МАГНЕТИЗМ и ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
ГОМУНКУЛЫ ДАРВИНИЗМ
ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР
пЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА
РЕНТГЕН КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ
АНТИБИОТИКИ и СУПЕРБАКТЕРИИ
ВОДОРОДНАЯ БОМБА ИНТЕРНЕТ
КВАРКИ и НЕЙТРИНО КЛОНИРОВАНИЕ
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
БОЗОН ХИГГСА ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

книги для любого настроения здесь

аст

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА АСТ

www.ast.ru | www.book24.ru

vk.com/izdatelstvoast
[instagram.com/izdatelstvoast](https://www.instagram.com/izdatelstvoast)
facebook.com/izdatelstvoast
ok.ru/izdatelstvoast

ISBN 978-5-17-118778-1



9 785171 187781 >



ОГИЗ