

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

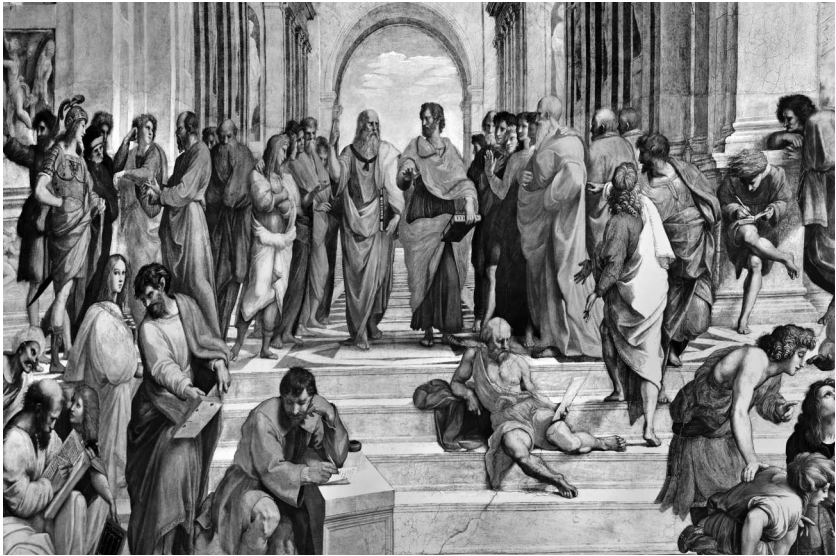
История науки — лучшая из когда-либо рассказанных. В ней действуют великие персонажи — и их множество; она охватывает века, а ее события разворачиваются во всех углах земного шара и даже в космосе. Но самое главное, раскрывая принципы работы Вселенной, эта история помогает нам понять наше место в этом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

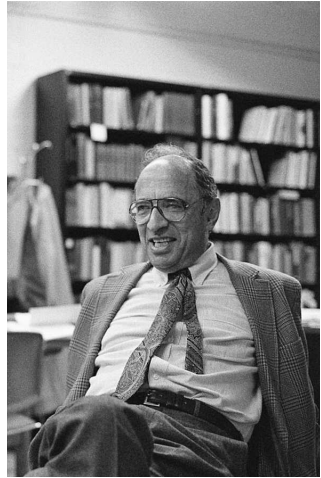
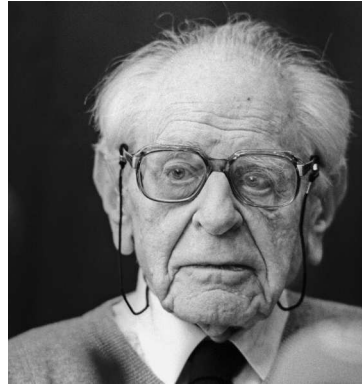
В 1930-х гг. австрийский философ Карл Поппер перевернул эту идею, поставив ее в некотором роде с ног на голову. Эксперимент мог содержать выводы только в отношении ложности гипотезы. Если результаты не показывали, что идея была ложной, значит, она таковой не была, что настолько близко приводит нас

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.

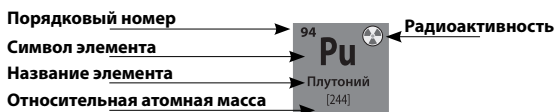


Томас Кун.

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. Большее — 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]
--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--	--	--

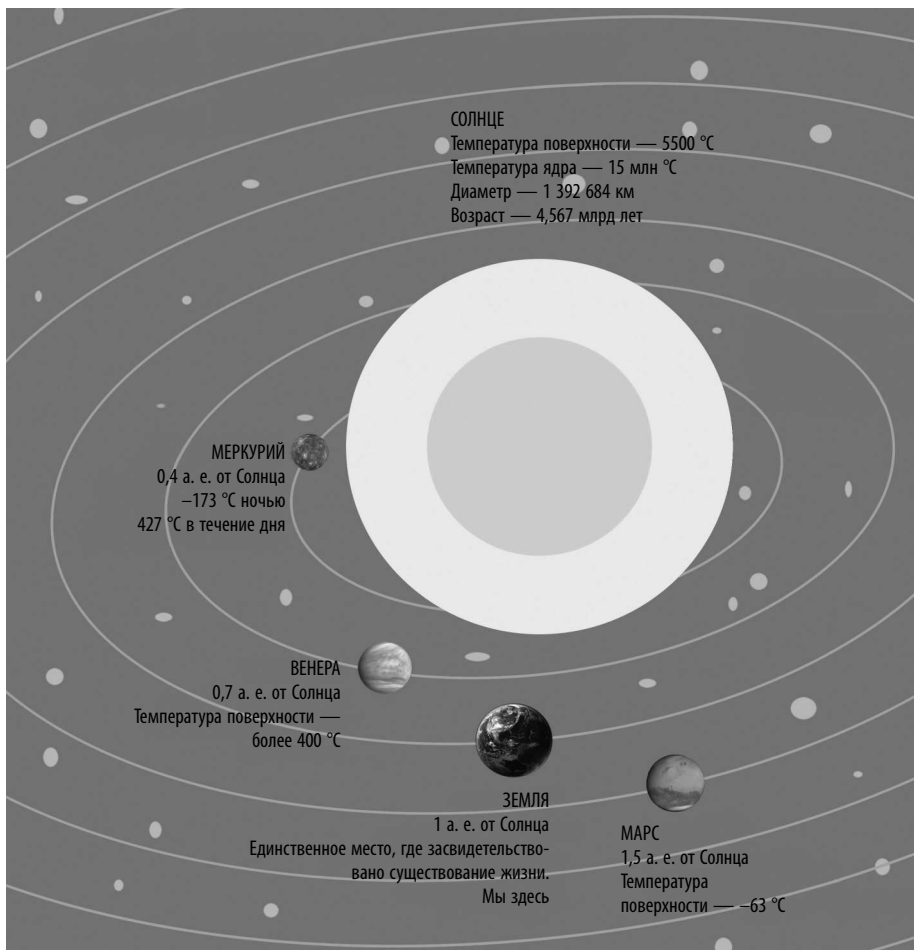
110 Ds  Дармштадий [280]	111 Rg  Рентгений [281]	112 Cn  Коперниций [285]	113 Nh  Нихоний [286]	114 Fl  Флеровий [289]	115 Mc  Московский [289]	116 Lv  Ливерморий [293]	117 Ts  Теннессин [294]	118 Og  Оганесон [294]
--	--	---	--	---	---	---	--	---

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]
---	---	---	--	--	---	---	--	--

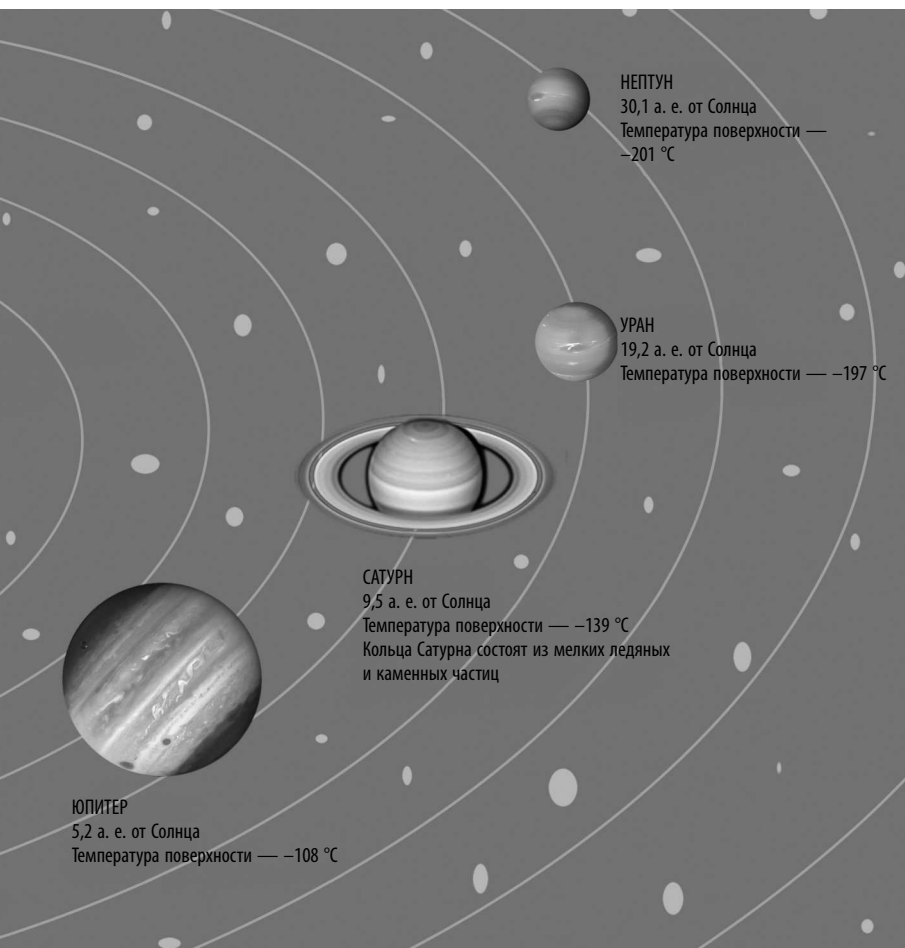
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

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 небес-



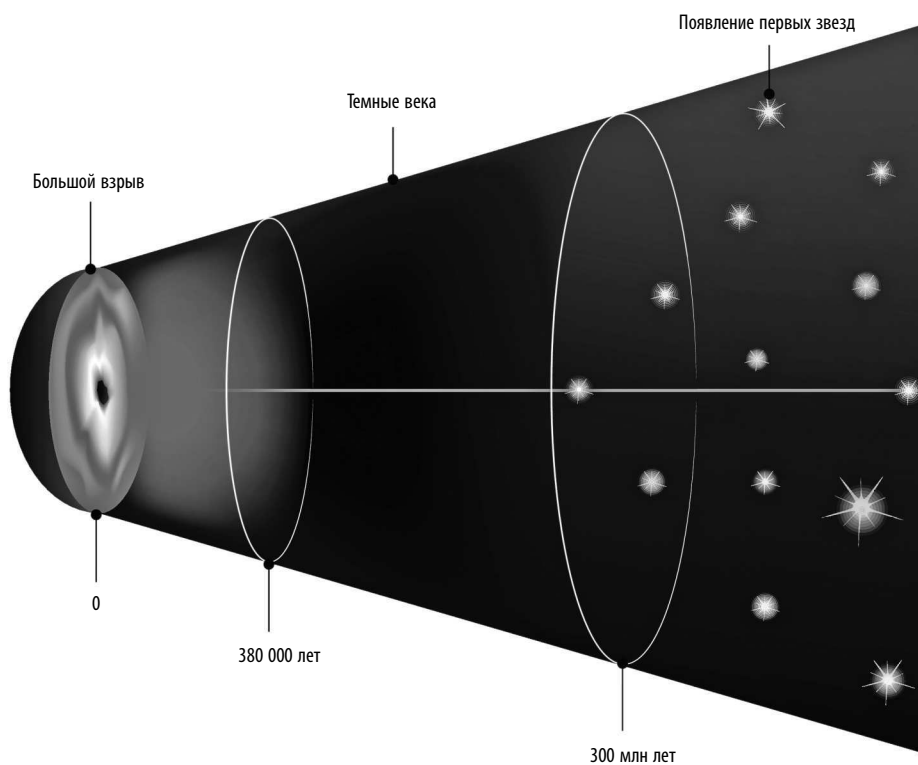
ную карту более полумиллиона астрономических тел разных видов — от околоземных астероидов до пояса Койпера. Как вы можете увидеть, еще много предстоит исследовать, и, как легко можно понять, за пределами Солнечной системы есть нечто еще большее. Поле малых ледяных тел, называемое рассеянным диском, взаимодействует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

Солнечная система.



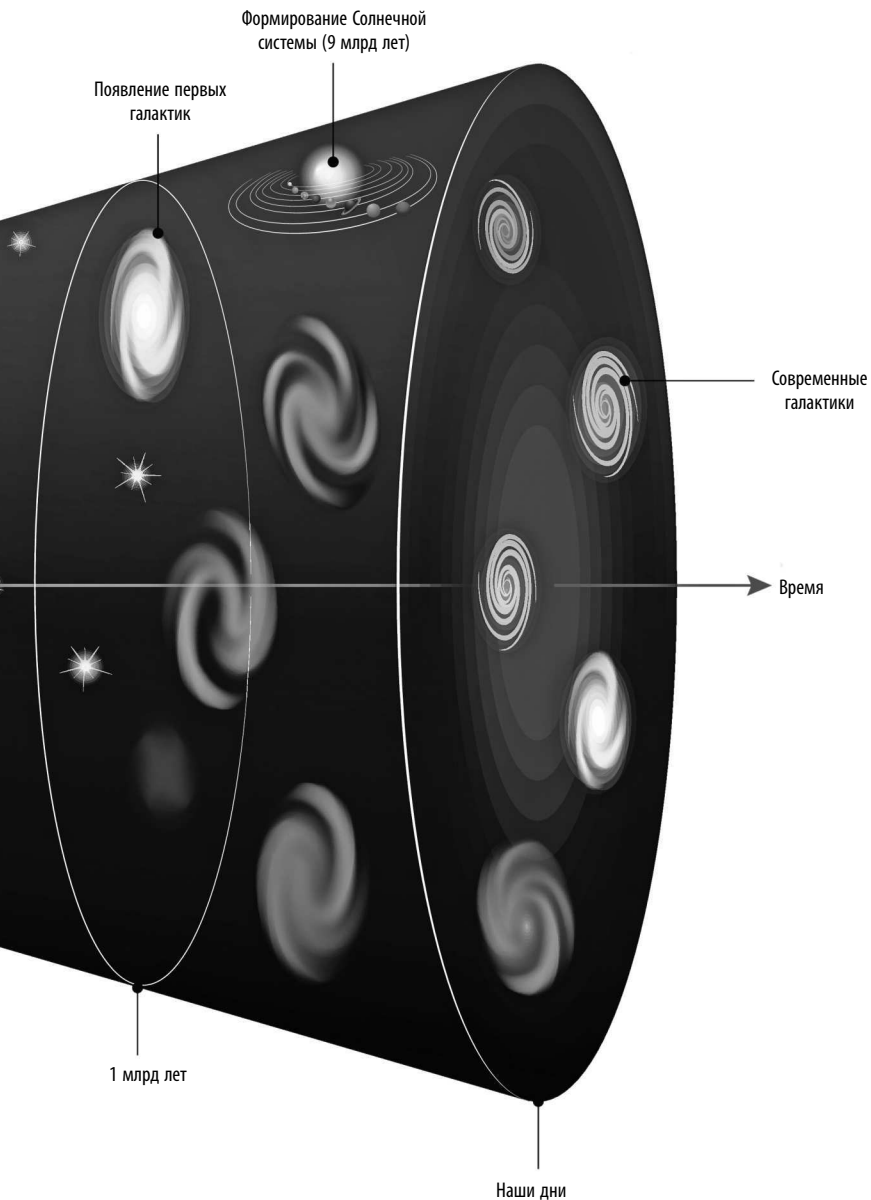
БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

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

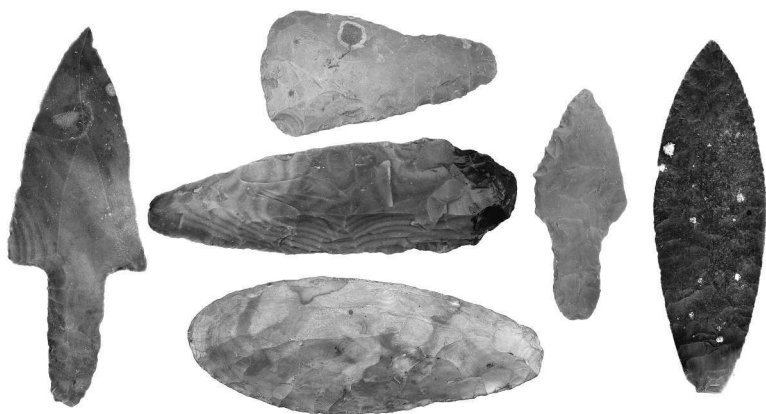
В мысли, что наука и технологии старше, чем современные люди, есть что-то отрезвляющее. Наши далекие дочеловеческие предки, австралопитеки, осмысливали окружающий мир и действовали на основании этих открытий более 3 млн лет назад. Мы знаем об этом благодаря каменным орудиям, которые они оставили после 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 расходиться 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.

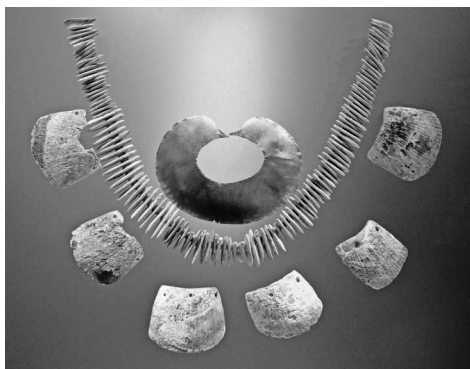
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

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.

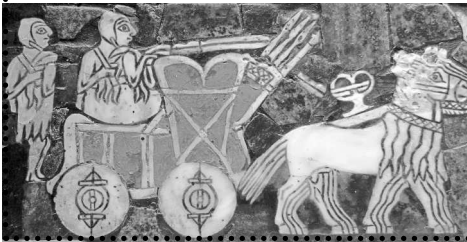


Медный артефакт доколумбовых цивилизаций.

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-

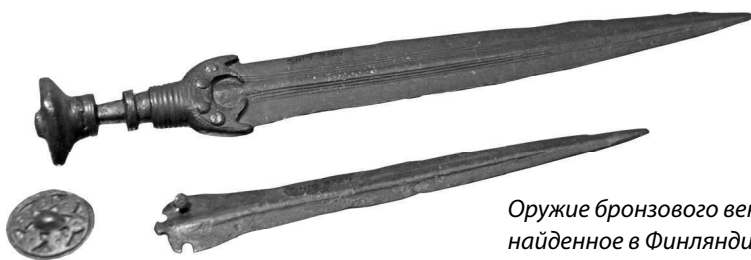
НАТЯГИВАЮЩИЕ ВЕРЕВКУ

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!



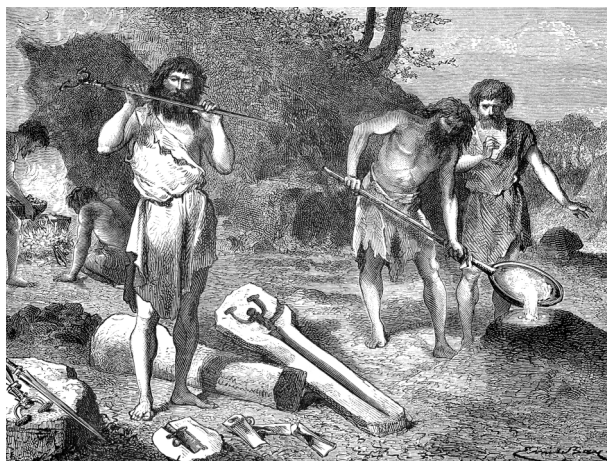
Древнеегипетский землемер — гарпедонапт.



*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

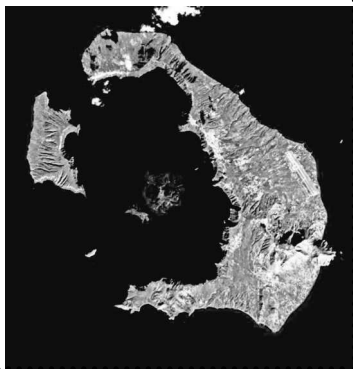


Город Кносс, расположенный на средиземноморском острове Крит, был столицей минойской цивилизации бронзового века.

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: например, 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,

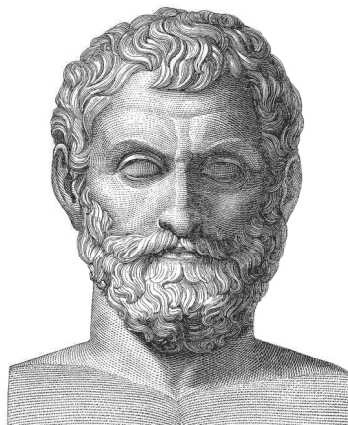
Фалес Милетский.

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

ПЕРВЫЙ УЧЕНЫЙ

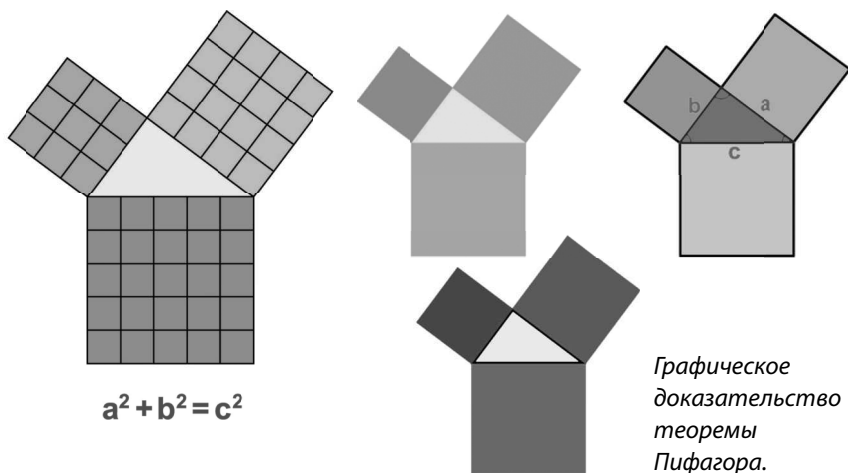
Фалес считается первым в истории исследователем окружающего мира. Живя в Милете, греческом городе на западном побережье современной Турции, он был крупнейшим представителем натурфилософии. Фалес первым описал свойства электричества. Он изучал, как натирание янтаря заставляет его притягивать пыль и перья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

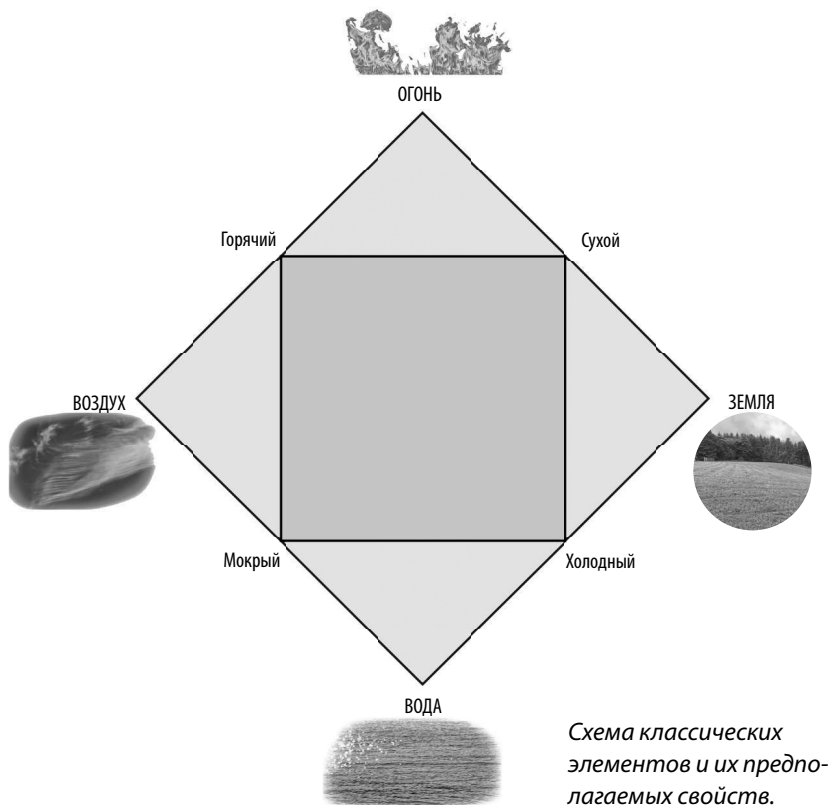
Других натурфилософов отличал более общепринятый способ понимания природы. Все вещи, по их словам, были созданы из смеси земли, воздуха, воды и огня, четырех простых материалов, которые мы теперь называем элементами, хотя греки никогда этого не делали. (Эта идея ни в коем случае не была исключительной 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

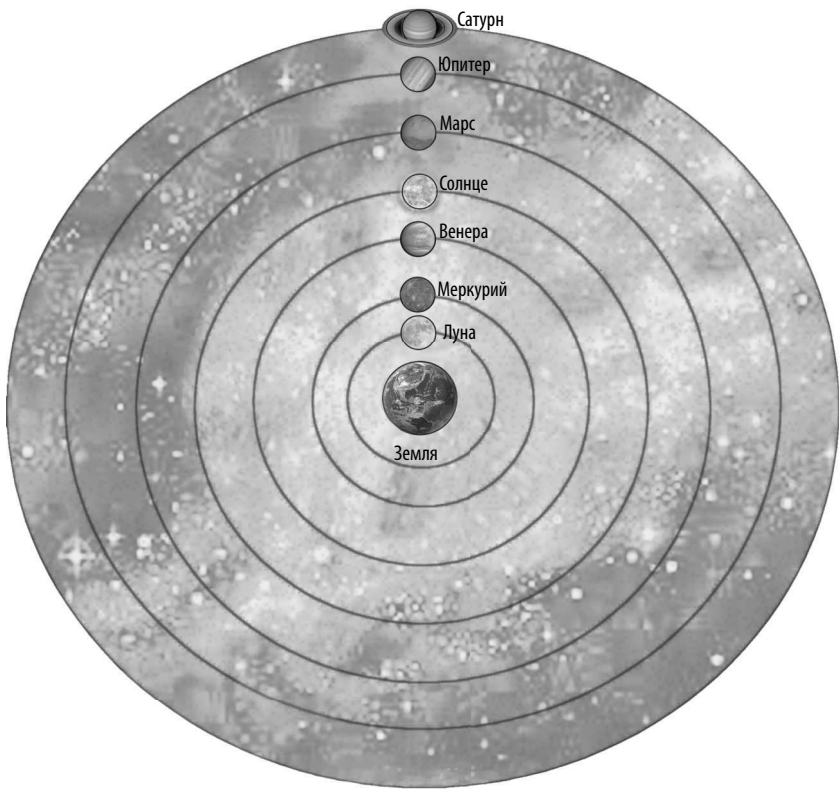
СФЕРИЧЕСКАЯ ЗЕМЛЯ

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

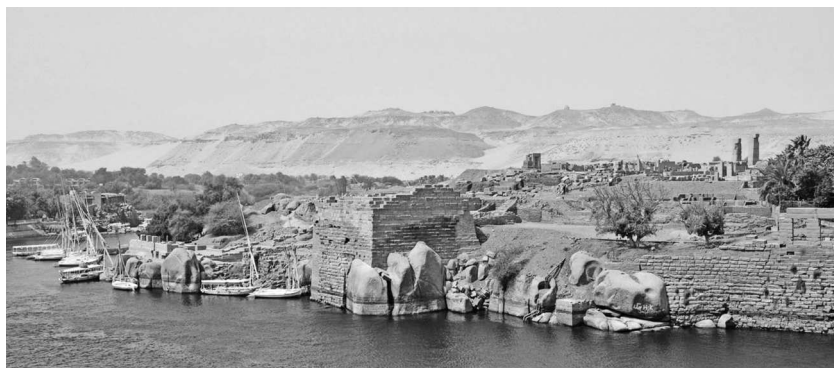
Примерно через столетие после Аристотеля Эратосфен, греческий математик, живший в Северной Африке, нашел способ определить размер Земли. Он знал, что в день летнего солнцестояния Солнце находилось прямо над городом Сиеной (ныне Асуан, Египет), поэтому освещало дно глубоких колодцев, чего не наблюдалось 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.*

