

# НАУКА ДЛЯ ВСЕХ



*Аванта*



**НАУКА** ДЛЯ  
ВСЕХ



# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



*От философского камня  
к 118 элементам*

*Аванта*

УДК 54(091)

ББК 24г

Р86

**Руни, Энн**

**Р86** Периодическая система. От философского камня к 118 элементам / Энн Руни; пер. с англ. Макояна А. С. — М.: Издательство АСТ, 2020. — 204, [4] с.: ил. — (Наука для всех).

ISBN 978-5-17-114752-5.

Материя — то, что окружает нас повсюду. Как она появилась и из чего состоит? На эти вопросы философы и ученые пытались ответить на протяжении тысячелетий. Важнейшие открытия сделали Антуан Лавуазье, составивший первый список химических элементов, и Дмитрий Менделеев, создавший периодическую таблицу, в которой элементы располагались в порядке возрастания их атомной массы. Но это лишь часть многовековой истории Периодической системы. О ней и расскажет эта книга.

Для широкого круга читателей.

**УДК 54(091)**  
**ББК 24г**

Copyright © Arcturus Holdings Limited  
www.arcturuspublishing.com  
© Макоян А. С., пер. с англ., 2020  
© ООО «Издательство АСТ», 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ</b>	
<b>ПРИНЦИПЫ</b> .....	8
От хаоса к химии .....	9
<b>Глава 1</b>	
<b>В ЧЕМ ДЕЛО?</b>	
<b>Начиная с основ</b> .....	12
Четверка (или пятерка) фаворитов .....	12
<b>Элементарные греки</b> .....	12
Мокрый, мокрый мир .....	14
Другие кандидаты на «единое» .....	15
От одного к четырем .....	15
Ничто не возникает из ничего .....	16
Идеальная сфера и две силы .....	16
<b>Нечто и ничто</b> .....	17
Начиная с атомов .....	17
<b>Отбрасывание</b>	
<b>четырёх элементов</b> .....	19
Над и под .....	19
Воспринимаемая буквально .....	20
<b>Промогать вперед</b> .....	21
<b>Элементы алхимии</b> .....	22
Истоки алхимии .....	22
Смешение и сочетание .....	23
Алхимическая магия и таинственность .....	25
Два настоящих элемента .....	27
<b>Глава 2</b>	
<b>ЭЛЕМЕНТЫ НА ВИДУ</b>	
<b>Видеть, что мы имеем</b> .....	30
<b>Элементы творят историю</b> .....	30
Медь — звезда бронзового века .....	31
<b>От водопровода к отравлению</b> .....	32
Сладко, но смертельно .....	33
<b>Изобилие наслаждений</b> .....	35
<b>Железные мужчины</b> железного века .....	36
<b>Магический металл</b> бессмертия (или нет) .....	37
Ртуть и золото .....	39
Целебное или смертельное? .....	40
<b>Элементы спрятаны</b> .....	41
Сурьма — это не свинец .....	41
Смертельное и не очень .....	42
Белое золото — не серебро .....	45
<b>Огненные элементы</b> .....	45
Сжигаая бриллианты .....	46
Из недр вулкана .....	46
Известны, но не распознаны .....	47
<b>Глава 3</b>	
<b>ГЛОТОК СВЕЖЕГО ВОЗДУХА</b>	
<b>Из пустоты</b> .....	50
Упакованная Вселенная .....	50
Стройные атомы .....	51
Части и поры .....	52
Создавая пространство .....	53
<b>Упругость воздуха</b> .....	55
Воздух и пустота .....	56
Алхимия Бойля .....	56
Материя частиц .....	57
Обратно к воздуху .....	58
<b>Хаос газов</b> .....	59
Один воздух или много? .....	60
Исследуя «хаос» .....	62
<b>Различные виды воздуха</b> .....	63
Ярко горящий .....	64
<b>Горящий вопрос</b> .....	64
Пища жизни .....	65
Ядовитый азот .....	66
Видимый воздух .....	68
<b>Тайна жизни и огня разгадана</b> .....	69
На два элемента меньше: воздух, затем вода .....	70
Конец четырех .....	72
<b>Новая химия</b> .....	73
<b>Глава 4</b>	
<b>НОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b>	
<b>Бойль и элементы</b> .....	76
<b>Химическая революция</b> и элементы Лавуазье .....	76
В продолжение четырех .....	79

<b>Появление элементов</b> .....	79	И вновь атомная масса .....	118
Первый из множества .....	80	Теллурический винт .....	120
Всё ради фосфора .....	81	Музыкальные элементы?.....	120
Бойль и «дух ночного света».....	84	<b>Менделеев разгадал</b>	
<b>Между Бойлем и Лавуазье</b> .....	85	<b>головолмку</b> .....	120
Белое золото .....	85	Не по порядку .....	123
<b>Жаждающие коровы</b>		Не совсем первый .....	125
<b>и магний</b> .....	88	Будьте внимательны .....	125
<b>Подземные духи, гномы</b>		Призрачные открытия .....	126
<b>и новые металлы</b> .....	88	Нет места для газа.....	127
<b>Добыча ископаемых</b>		<b>Смотря на свет</b> .....	128
<b>и металлы</b> .....	90	Линии на свету и во тьме.....	128
При переходе.....	90	В поисках линий.....	129
Именем «волчьей пены».....	92	Звездный свет,	
<b>Разбивая соединения</b>		яркая звезда .....	130
<b>на куски</b> .....	93	Уставившись на Солнце .....	130
Новые методы .....	95	<b>Пропавший воздух —</b>	
Щелочные металлы		<b>и даже больше</b> .....	133
и щелочные земли.....	97	Приземленный.....	134
Испытание бором .....	98	Элементы Рамзая.....	135
Перегрузка элементов .....	99	Протогелий Менделеева.....	136
<b>Глава 5</b>		<b>Путаница массы и номера</b> .....	137
<b>ОТ КОРПУСКУЛ К АТОМАМ</b>		Мокрая химия	
<b>Атомный Ренессанс</b> .....	102	и кислород Морли.....	138
Слипаясь друг с другом .....	102	Точные атомные массы.....	138
Больше пространства,		Видя свет .....	139
меньше материи.....	103	<b>Глава 7</b>	
<b>Настоящие атомы</b> .....	104	<b>АТОМЫ РАСКРЫТЫ</b>	
Материя никуда не уходит.....	104	<b>От лучей к частицам</b> .....	142
Теория атомов Дальтона.....	105	Лучи объяснены .....	142
Множество пропорций		<b>К электрону</b> .....	144
и атомная масса .....	107	<b>Время переработок</b> .....	145
<b>Подсказка из Италии</b> .....	108	<b>Больше лучей</b> .....	146
Основываясь на газах .....	108	<b>От пудинга к планетам</b> .....	147
Непопулярная идея.....	110	<b>Атомы реальны</b> .....	148
<b>Берцелиус: положительные</b>		<b>Заряды, номера и атомы</b> .....	149
<b>и отрицательные</b> .....	110	<b>Промежутки и фантомы</b> .....	152
Обозначая элементы .....	111	Электроны и протоны .....	153
<b>В химии навели порядок</b> .....	114	Новая частица атома .....	154
Переломный момент		<b>Объясняя реактивность</b> .....	155
в Карлсруэ.....	114	Кубы и углы .....	155
<b>Глава 6</b>		Упорядочивание электронов .....	157
<b>В ПОИСКАХ ПОРЯДКА</b>		<b>Стремясь к завершению</b> .....	157
<b>Три на три, четыре на четыре</b> .....	118	Атомы многослойны —	
		как лук.....	158

Работа Мозли объяснена.....	159	Методы создания .....	182
Обратно к массе и числу .....	159	Охота началась.....	183
<b>Глава 8</b>		Сиборг и периодическая	
<b>СОЗДАННЫЕ ДЛЯ ДЕЛЕНИЯ?</b>		таблица.....	184
Новые методы наблюдения.....	162	Орбитали и периодичность .....	185
X-лучи, U-лучи и темный		<b>Врывающиеся в жизнь</b> .....	187
ящик в Париже.....	162	<b>Большие пушки</b> .....	187
Появление скрытых элементов.....	164	Конец виден.....	189
Ужасы радия.....	166	<b>Глава 9</b>	
И всё-таки трансформация.....	168	<b>НЕБЕСНЫЕ ФАБРИКИ</b>	
Сегодня здесь, а завтра там .....	168	<b>ЭЛЕМЕНТОВ</b>	
<b>Изотопы — одинаковые,</b>		<b>Боги и звезды</b> .....	192
<b>но все же отличающиеся</b> .....	170	Что заставляет	
Распадающиеся по порядку.....	172	Солнце светиться? .....	192
Как создать элемент .....	173	<b>Гелий и водород</b> .....	193
Становясь ядерным .....	173	Внутри ядерной печи .....	194
<b>Прямой и извилистый пути</b> .....	175	Сначала главное.....	195
Сделанное по ошибке.....	176	<b>Выкованные в звездах</b> .....	197
Открытый дважды.....	178	Что там?.....	199
<b>Затерянный в космосе</b> .....	178	Рождение в смерти.....	200
<b>Последующая работа</b>		Бор далеко не скучный .....	201
<b>с атомами</b> .....	178	<b>Первичные и естественные</b>	
<b>Стараясь выйти</b>		<b>элементы</b> .....	202
<b>за пределы урана</b> .....	179	Излучение продолжается.....	202
Нейтроны в помощь.....	180	<b>Заключение</b>	
Трансураны под пристальным		<b>ВСЁ И НИЧЕГО</b> .....	204
наблюдением .....	180	Говоря о Вселенной.....	204
Неправильно и правильно			
одновременно.....	181		



# ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ

*Общая химия... существует по всей Вселенной.*

Уильям Хаггинс, 1909 г.



*Фейерверки — довольно эффектный пример использования знаний о химических реакциях.*

Мир вокруг нас наполнен разнообразной материей. Все живое и неживое состоит из миллионов различных химических веществ. А эти вещества в свою очередь — из еще более мелких частей, известных как химические элементы. Наша модель материи — это некая последовательность 118 элементов, каждый из которых обладает уникальным атомным ядром, определяющим его свойства. Элементы неисчислимыми вариантами комбинируются, формируя все химические соединения, что существуют в природе. Человек тоже может создавать соединения, например в лаборатории.

Астроном Уильям Хаггинс признал фундаментальность элементов: одни и те же элементы существуют как на Земле, так и за ее пределами, по всей Вселенной. «Общая химия», которую он упоминает, представлена в Периодической системе химических элементов — одном из знаковых достижений последних двухсот лет. Она помогает нам понять, как существуют и взаимодействуют элементы, позволяет предугадать исход химических процессов, в которые они вовлекаются. Вооружившись этими знаниями, мы можем применять силу химии, чтобы созда-





### ИЗ ЧЕГО МЫ СОСТОИМ

Сегодня нам известно 118 элементов, но некоторые играют более важную роль, нежели остальные. К примеру, человеческое тело в основном составляют кислород, углерод, водород, азот, небольшое количество фосфора и кальция. Доминирует кислород — 61%, следом идет углерод — 23%, далее водород — 10%, азот — 3%, фосфор и кальций — по 1%. Есть и другие элементы, но их доля гораздо меньше: калий, сера, натрий, хлор и магний все вместе занимают чуть больше 0,1%. Даже железо, доставляющее в нашу кровь кислород, исчисляется лишь 0,006%. Человеческое тело — крайне тонко сбалансированный химический механизм. Моря в мире практически полностью состоят из водорода, кислорода, натрия и хлора с крошечными вкраплениями (меньше 0,1%) магния, кальция, калия, серы и брома. Земная кора имеет большее разнообразие, но даже она на 98,8% состоит всего из восьми элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, натрия, магния и калия.

вать новые вещества, которые будем использовать для наших нужд: от лечения заболеваний до раскрытия истинной мощи атома.

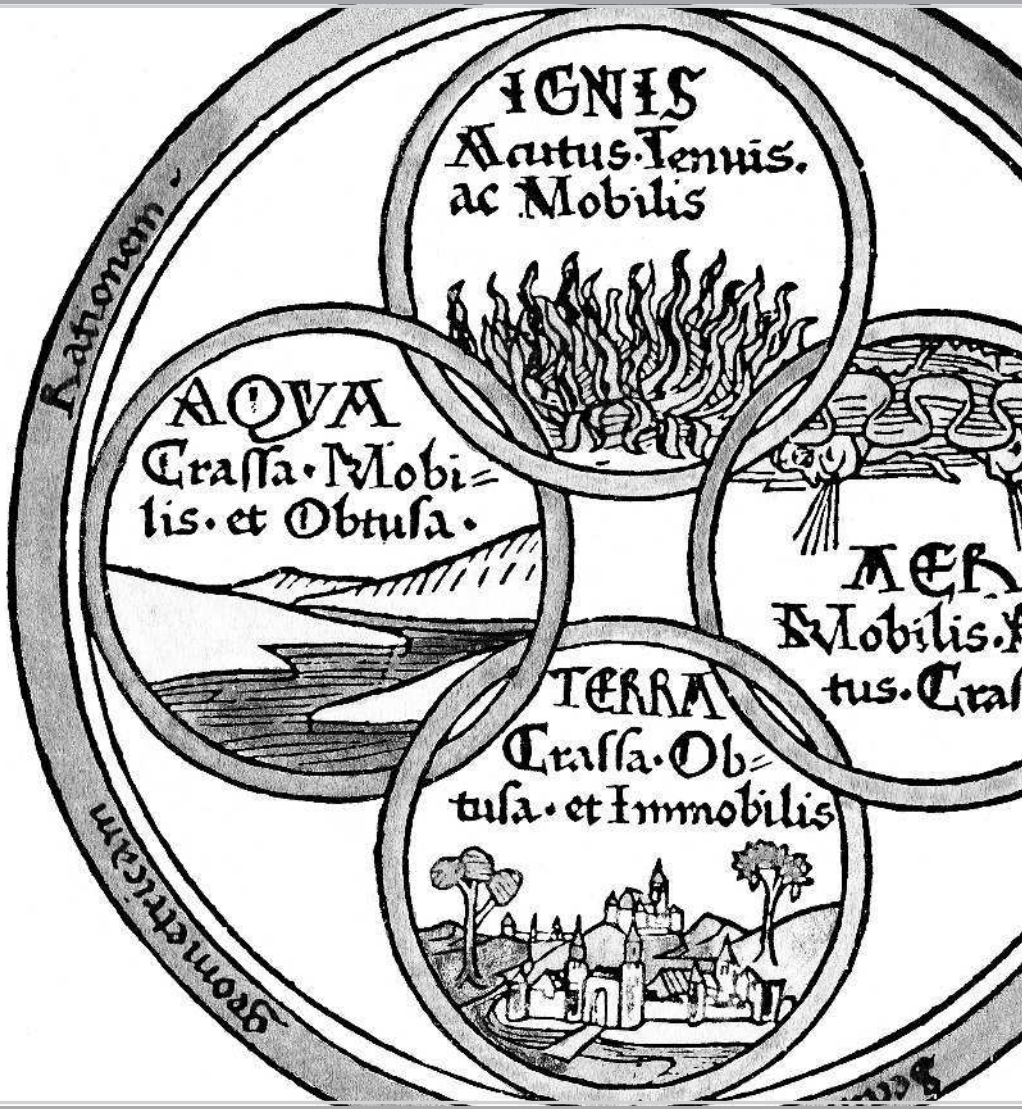
### От хаоса к химии

Используемая нами сегодня Периодическая система организует элементы в порядок, продиктованный структурой их атомов. И эта структура в свою очередь определяет их характеристики и поведение. Но в то время, когда создавался первый вариант таблицы, никто не знал о структуре атомов. Более того, никто даже не был полностью уверен в существовании атомов.

Впервые химики попытались упорядочить элементы в привычную нам таблицу в первом десятилетии XVIII в., но история Периодической системы началась задолго до этого. Философы Древней Греции предложили как раннюю версию атомов, так и ограниченный набор «корней»

материи, которые могут взаимодействовать в различных пропорциях, создавая все, что нас окружает. С тех времен путь к современной Периодической системе был отнюдь не прост. Он отклонился от верного направления больше чем на 2000 лет и вернулся к нему лишь около 1660 г.

Повествование в этой книге основывается на трех важнейших открытиях: материя состоит из ограниченного числа основополагающих химических веществ; химические вещества состоят из атомов; существует определенное количество химических элементов. Все эти открытия были сделаны благодаря работе множества алхимиков, философов, химиков и ядерных физиков. Это история сотрудничества людей, работавших вместе сквозь время и пространство ради одной цели — понять, что делает нашу Вселенную такой, какая она есть.



IGNIS  
Acutus. Tenuis.  
ac Mobilis



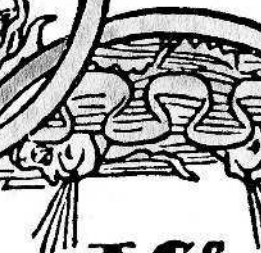
AQUA  
Crassa. Mobilis.  
et Obtusa.



TERRA  
Crassa. Ob-  
tusa. et Immobilis



AER  
Mobilis. X  
tus. Cras



## В ЧЕМ ДЕЛО?

*Почему нет других элементов, кроме  
огня, воздуха, земли и воды? Их 4, всего  
лишь 4, этих приемных родителей всего  
сущего! Какая жалость! Почему вместо  
этого их не 40, или 400, или 4000? Как все  
это ничтожно, как скупо, как жалко!  
Скупо дарованные, скучно придуманные,  
в тяготах сотворенные!  
Ги де Мопассан, 1887 г.*

Из чего состоит материя?

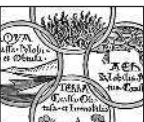
На протяжении тысячелетий

люди искали ответ на этот вопрос.

Представление, что все живое и неживое  
вокруг нас составлено из ограниченного  
числа компонентов, имеет вековую  
историю. Самые ранние попытки  
определить их включали в себя поиск  
базовых элементов.

*Четыре элемента, определенные древнегреческим философом  
Эмпедоклом, служили фундаментом модели строения мира  
вплоть до 1472 г., когда вышел труд Лукреция «О природе  
вещей».*





## Начиная с основ

Представители многих древних культур верили в мифы о сотворении мира, согласно которым вся материя создается из пустоты одним богом или богами, как порядок из хаоса. Тогда она может быть сформирована из одного исходного материала, или элемента, такого как вода или огонь, или же состоять из нескольких элементов, смешанных вместе. Вавилонская космогония включала в себя богов, которые рассматривались как обожествления земли, воды, неба и ветра. По-видимому, позже подобные представления нашли отражение в греческой и египетской моделях, включавших четыре элемента, «корня», материи: землю, воду, воздух и огонь. На отделении земли от воды, дня от ночи или света от тьмы основываются многие мифы о зарождении мира, а также авраамические религии.

Неудивительно, что значение земли, воды и неба так велико в ранних верованиях о материи. Они представляют три области, на коих основано все живое. Они — пример трех состояний материи: твердого, жидкого и газообразного. Сейчас эти состояния узаконены наукой, но отличия между, скажем, твердой горой, жидкой водой и воздухом,

которым мы дышим, очевидны и не погруженному в научный контекст человеку.

## Четверка (или пятерка) фаворитов

Долгое время земля, вода, воздух и огонь признавались фундаментальными элементами. Древние греки могли перенять это верование у египтян, которые в свою очередь могли получить его из Месопотамии. Те же четыре элемента появляются в ранних китайских и индийских записях. Буддистские тексты ссылаются на четыре элемента, а в Ведах есть список из пяти: земля, вода, огонь, воздух и нечто, что можно рассматривать как ничто, пустоту или эфир. Китайская традиция называет пять элементов (хотя это не лучший для них термин): дерево, огонь, земля, металлы (фактически золото) и вода.

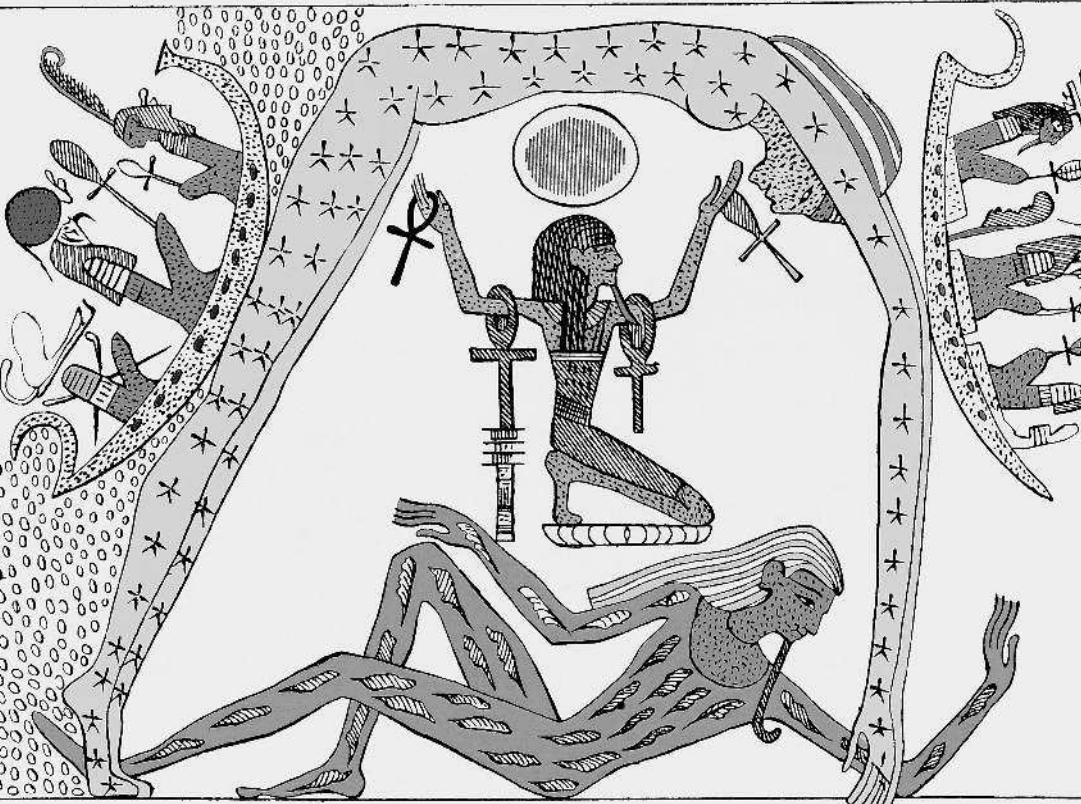
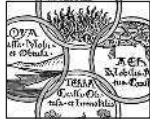
Изначально элементы рассматривались скорее как свойства или качества, нежели физические компоненты. Китайские пять элементов, возможно, лучше воспринимать как состояния бытия или энергии. В восточной традиции элементы (назовем их так за неимением лучшего слова) способствовали развитию теории медицины, спиритуализма и бытия, но не развились в эмпирическую химическую науку. За этим нам нужно перейти к древним грекам.

## Элементарные греки

Древние греки стали первыми, кто стремился объяснить

*И сказал Бог: да соберется вода, которая под небом, в одно место, и да явится суша.  
И стало так.*

Бытие: гл. 1, ст. 9



*Египетские мифы III и II тысячелетий до н. э. рассматривали создание мира как серию рождений. Здесь бог воздуха Шу (в центре, на коленях) поднимает богиню неба Нут (со звездами), отделяя ее от бога земли Геба (внизу, с листьями). Лодка ежедневно перевозит бога солнца Ра с запада на восток.*

естественный физический мир, не прибегая к помощи сверхъестественного — богов, а рассматривая его как цепочку физических процессов. Такую модель мира, сейчас называемую научной, по-видимому, первым предложил Фалес Милетский — философ-досократик, астроном и математик, живший в Милете (сейчас территория Турции)

примерно в 624–546 гг. до н. э. К несчастью, не сохранилось никаких записей Фалеса; нам приходится полагаться на позднейшие отчеты о его паранаучном мышлении. В своей важнейшей работе «Метафизика» греческий философ Аристотель (384–322 гг. до н. э.) записал и проверил космогонические идеи Фалеса.



## Мокрый, мокрый мир

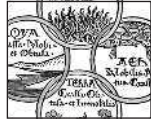
Фалес утверждал, что первоэлементом всей материи является вода. Чтобы понять эту модель, нам надо принять различие между веществом и его характеристиками, бытовавшее у греков. Веществом всего может быть вода, но мы не ощущаем абсолютно все в мире как воду из-за того, что мы воспринимаем именно характеристики вещей (материи). Это не такая диковинная концепция. Сейчас бы мы установили, что все состоит из атомов и что атомы сформиро-

*Земля, вода и небо повсюду видны с Греческого архипелага — группы островов в Средиземном море.*

ваны идентичными субатомными частицами, хоть мы и не можем почувствовать их на ощупь. Мы воспринимаем, например, цвет и твердость золота, а также текучесть воды. Такой концепт есть и в других ранних описаниях мироздания. Книга Бытия начинается с создания Богом рая и земли, и отмечается, что земля была «безвидна и пуста». Земле дано вещество, но пока не дана форма.

*Греческая философия начинается, по-видимому, с нескладной мысли — с положения, будто вода есть первоначало и материнское лоно всех вещей. Действительно ли нужно на этом серьезно остановиться? Да, и по трем причинам: во-первых, потому, что это положение высказывает нечто о происхождении вещей; во-вторых, потому, что оно делает это без иносказаний и притч; и наконец, потому, что в нем, хотя и в зачаточном состоянии, заключена мысль: «Все — едино».*

Фридрих Ницше. Философия в трагическую эпоху Греции, 1873 г.



## Другие кандидаты на «единое»

Модель Фалеса была не единственной. Анаксимен (ок. 585 – ок. 528 г. до н. э.) считал, что изначальным элементом был воздух, или архэ; Гераклит (ок. 535 – ок. 475 г. до н. э.) был за огонь. Ксенофан (ок. 570 – ок. 475 г. до н. э.) утверждал, что все состоит из земли и воды. Анаксимандр (ок. 610 – ок. 546 г. до н. э.), ученик Фалеса, предполагал нечто под названием «апейрон», означающее «бесконечное» или «беспредельное». Он понимал это как бесконечную массу, производящую все созданное ныне и в будущем. Анаксимандр воспринимал физическую материю Вселенной как результат вычленения элементов (земли, воды, воздуха и огня) из апейрона. Когда что-нибудь полностью уничтожается, оно возвращается к апейрону — обратно к бесформенности.

## От одного к четырем

Что бы мы ни подразумевали под апейроном, огнем, водой или воздухом как архэ, мы все так же стоим перед необходимостью создавать различные суб-

*Четыре «корня» материи — земля, вода, воздух и огонь — и соответствующие им свойства сравниваются с четырьмя гуморами, которые определяют возраст человека и его состояние здоровья.*

## АПЕЙРОН ВСЕ ДВИЖЕТСЯ

В XX в. немецкий физик-теоретик Вернер Гейзенберг предположил, что элементарные частицы, описанные квантовой механикой, должны рассматриваться как различные квантовые состояния одного первоначального вещества. Его современник, немецкий физик Макс Борн, предложил дать этому первоначальному веществу имя «апейрон».

станции. Их отличия разжигают наше любопытство.

Философ-досократик Эмпедокл (ок. 490 – ок. 430 г. до н. э.) выделял четыре «корня» материи (только позже переименованных в элементы). Это были земля, вода, воздух и огонь. Получается, все формы материи — результат смешения этих четырех корней в надлежащих пропорциях. Каждый из них ассоциируется с двумя парами характеристик: земля холодная и

