

Е. Рабинович, Э. Тило

**Периодическая система
элементов**

История и теория

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Е11

Е. Рабинович
E11 Периодическая система элементов: История и теория / Е. Рабинович, Э. Тило – М.: Книга по Требованию, 2014. – 422 с.

ISBN 978-5-458-56335-2

История естественной системы элементов. Учение об элементах. Индийская философия. Греческая философия. Алхимики. Открытие отдельных элементов. Учение об атомах. Определение атомных весов. Подготовка периодической системы элементов. Открытие периодической системы. Основные работы Менделеева и Лотара Мейера. Элементарный заряд. Открытие элементарного электрического заряда. Электрон. Протон. Каналовые лучи. Порядковый номер и заряд ядра. Модель атома. Спектральные основания модели атома. Модель водородного атома по Бору. Обобщение модели атома Вора на атом со многими электронами. Электронные оболочки и рентгеновские спектры. Строение атомной оболочки. Эмпирическая систематика термов. Формальная модель атома с одним валентным электроном. Вращающийся. Электрон.

ISBN 978-5-458-56335-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс
www.samizday.ru/reprint

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Предлагаемая вниманию широких кругов советских физиков, физико-химиков и химиков в высокой степени содержательная книга д-ра Е. Рабиновича и д-ра Э. Тило („Periodisches System. Geschichte und Theorie“ E. Rabinowitsch und E. Thilo) в русском переводе тщательно просмотрена одним из ее авторов, д-ром Рабиновичем. При просмотре и редактировании текста перевода д-р Рабинович подверг ряд мест книги коренной переработке и внес целый ряд существенных дополнений. В результате этого книга имеет совершенно свежий характер, чем выгодно отличается от своего немецкого оригинала, с момента выхода которого в свет прошло уже два года.

В русском переводе почти целиком написана заново в третьей части глава XVIII „Модель атома в квантовой механике“, в части IV значительно дополнены параграфы „Ионизационные потенциалы“ и „Теплота образования и пределы существования соединений“, наконец, наполовину заново написана глава XXV — „Атомные соединения“.

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ

Теория естественной системы элементов получила известное завершение в работах Бора, Гейзенберга, Паули, Ресселя, Саундерса и Гунда. Этими работами закончился новый важный этап в развитии теоретической химии, и это позволяет оглянуться назад и попытаться дать исторический обзор развития всей проблемы (окончательно, конечно, еще не разрешенной) вплоть до данного момента. Эта попытка и сделана в настоящей книге. Мы хотели показать, как столетняя работа химического исследования элементов была завершена созданием естественной системы элементов, и как физике после пятидесяти дальнейших лет работы по изучению строения атомов удалось дать объяснение этой системы.

Теория периодической системы является одним из важнейших достижений так называемого *формального развития атомной модели Бора*, развития, которое заполнило собой десятилетия

с 1915 по 1925 г. и в этом последнем году получило свое завершение в введении понятия о собственном моменте электрона (называемом также электронным „спином“). С этого же года начинается развитие новой мощной области исследования, которая характеризуется названиями *квантовой механики*, или *волновой механики*. Не опровергая справедливости качественных результатов формальной теории, она освежила и углубила ее физические основы и подвела новый фундамент под все учение об атоме. Эту статью развития мы, однако, теперь лишь переживаем, и вряд ли сейчас возможно в книжке, рассчитанной на широкие круги читателей, положить в основу изложения эти новые идеи, еще находящиеся в процессе создания и не получившие окончательной формулировки. Некоторая законченность изложения может быть здесь, как и очень часто, достигнута лишь за счет глубины и полноты.

Развитие теории периодической системы на основе формальной теории атомных спектров во многом напоминает изложение органической химии на основе учения о четырехвалентности и тетраэдрическом строении углеродного атома. Наряду с огромной достоверностью, с которой мы овладеваем, исходя из нескольких основных положений, огромным многообразием фактов, в обоих случаях мы имеем сознание того, что сами наши основные принципы требуют более глубокого объяснения и, быть может, даже более точной формулировки, особенно если мы не хотим ограничиться только качественным выводом числа возможных атомных состояний или изомерных соединений, но и имеем в виду применить наши принципы к количественному предсказанию их устойчивости и других свойств.

Мы не могли, однако, строго ограничить рамки изложения формальной теорией и надеемся, что читатель не посетует на нас за то, что в конце третьей части мы поместили краткое освещение атомной модели в волновой механике и во многих местах в дальнейшем пользуемся представлениями волновой механики. Полный отказ от новой квантовой механики сделал бы невозможным всякий подход к ряду проблем, которые мы все же должны были затронуть. Таков вопрос о происхождении различных систем мультиплетов или вопрос о способности нейтральных атомов соединяться в молекулу с освобождением энергии.

Изложение разделено на пять частей. В первой дается развитие понятия об элементе до его завершения в 1869 г., т. е. до установления естественной системы элементов. Во второй части показано, как открытие в том же 1869 г. катодных лучей послужило первым шагом к установлению общих составных частей

всех атомов и как дальнейшее развитие в том же направлении привело, наконец, к атомной модели Резерфорда-Астона с ядром, построенным в свою очередь из протонов и электронов. В третьей и четвертой части обрисован тот путь, который ведет нас через изучение общей систематики атомных спектров к истолкованию периодичности свойств атомов и, следовательно, к объяснению естественной системы элементов. Наконец, в пятой части делается попытка показать, в какой мере обрисованная выше теория в состоянии объяснить не только общую периодичность свойств элементов, но и их специальные химические свойства, в частности важнейшее химическое свойство — валентность. При этом оказывается, что возможности применения теории в этом направлении еще далеко не исчерпаны; некоторые результаты, сообщаемые в этой части и собранные в таблице 48, являются новыми.

От выяснения связи других свойств элементов с периодической системой мы отказались, чтобы не увеличивать чрезмерно размер книги и не нарушать ее логической структуры. Мы держались также в стороне и от проблем, касающихся физики атомного ядра, например систематики изотопов или вопроса о распространении и устойчивости элементов, поскольку проблема периодической системы, по существу, есть проблема строения внешней электронной оболочки.

В рамках этой книги, носящей характер учебника, дать полную библиографию трактуемой проблемы не представлялось возможным; случайное же цитирование отдельных работ мы считали нецелесообразным. Поэтому за литературными справками мы отсылаем читателя к большим курсам и руководствам, а в том, что касается теоретической части, специально к серии книг „Строение материи“ („Struktur der Materie), выходящей под редакцией Борна и Франка, и в частности к книге Ф. Гунда „Спектральные линии и периодическая система“ (F. Hund, „Spektrallinien und periodisches System“ В., 1926).

Берлин, зима 1929 г.

Е. Рабинович и Э. Тило.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ I. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ

ГЛАВА I. УЧЕННЕ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ 11

Индийская философия (11). Греческая философия (13). Алхимики (15).
Иоахим Юнгус; Роберт Бойль (16). Флогистики (18). Лавуазье (19).
Открытие отдельных элементов (21).

ГЛАВА II. УЧЕНИЕ ОБ АТОМАХ 26

Древний мир (26). XVII столетие (27). Дальтон (28).

ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТОМНЫХ ВЕСОВ 30

И. Л. Пруст (31). Дальтон (32). И. Б. Рихтер. В. Г. Воластон (33).
И. Берцелиус; С. Канниццаро (35).

ГЛАВА IV. ПОДГОТОВКА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ 45

Н. Марне (45). В. Прутт (46). И. В. Деберейнер (48). М. Петтенкофер (49).
В. Одлинг; И. Гладстон (51). И. А. Ньюлендс (51). Б. де-Шанкуртуа (52).

ГЛАВА V. ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 53

Основные работы Менделеева и Лотара Мейера (53). Длинная система (55).
Короткая система (56). Сравнение короткой и длинной системы (59).

ЧАСТЬ II. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ АТОМОВ

ГЛАВА VI. ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЗАРЯД 73

Открытие элементарного электрического заряда (73).

ГЛАВА VII. ЭЛЕКТРОН 78

Катодные лучи (78). Определение e/m и v (79). Катодные частицы являются
составными частями каждого вещества (84). Заряд и масса катодных частиц.
Электрон (85). Механический и магнитный момент электрона (87). Размеры
электрона (88). Волновая природа электрона (89).

ГЛАВА VIII. ПРОТОН 93

Каналовые лучи (93). Определение заряда и массы каналовых частиц. Спектр-
копия масс (95). Протон (98). α -частица (104).

ГЛАВА IX. ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР И ЗАРЯД ЯДРА 105

Порядковый номер (105). Резерфордская модель ядерного атома (107). Заряд ядра (109). Размеры ядер (113). Определение элемента (114). Законы радиоактивного смещения (115). Закон Мозелея (118). Электронная оболочка (120).

ЧАСТЬ III. МОДЕЛЬ АТОМА

ГЛАВА X. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ МОДЕЛИ АТОМА . 122

Спектральные линии (122). Спектральные термы (128). Комбинационный принцип (129). Система термов (131). Боровское условие частот (134). Проверка условия частот с помощью электронных ударов (136). Серийные законы (143). Граница серии и ионизационный потенциал (147).

ГЛАВА XI. МОДЕЛЬ ВОДОРОДНОГО АТОМА ПО БОРУ . . 150

Квантовые условия Бора и Зоммерфельда (152). Квантование электронных орбит в H-атоме (155). Дальнейшие успехи теории Бора (160). Недостаточность модели атома Бора. Эффект Зеемана (165).

ГЛАВА XII. ОБОБЩЕНИЕ МОДЕЛИ АТОМА БОРА НА АТОМ
СО МНОГИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ 169

Модель излучающего электрона (170). Модель атома гелия (178).

ГЛАВА XIII. ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ И РЕНТГЕНОВ-
СКИЕ СПЕКТРЫ 179

Строение атомной оболочки (180). Различные возбужденные состояния оболочек (183). Происхождение рентгеновских спектров (18).

ГЛАВА XIV. ЭМПИРИЧЕСКАЯ СИСТЕМАТИКА ТЕРМОВ . . 191

Систематика термов по их комбинационной способности (192). Дальнейшая систематика термов, числа l и правила их отбора (195). Разделение термов на системы различной мультиплетности (197). Изменение мультиплетности в периодической системе (199).

ГЛАВА XV. ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА С ОДНИМ
ВАЛЕНТНЫМ ЭЛЕКТРОНОМ. ВРАЩАЮЩИЙСЯ
ЭЛЕКТРОН 201

Общий вращательный импульс (201). Вращающийся электрон (202). Пример спектра натрия (206). Связь импульсов электрона l и s (203).

ГЛАВА XVI. ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА СО МНОГИМИ
ВАЛЕНТНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ 210

Квантовые числа l и l отдельных электронов (211). Взаимная связь векторов l и s между собой; квантовые числа l и s (215). Квантовое число J общего импульса (219). Правило для относительного положения термов при определенном положении электронов (222). Полные символы термов (223). условия связи при сильно возбужденных состояниях (225). Как определяются термы и их квантовые числа (226).

ГЛАВА XVII. ПРИНЦИП ОДНОЗНАЧНОСТИ (ПРАВИЛО
ПАУЛИ) 230

Охарактеризование электрона четырьмя квантовыми числами (230). Вместимость ячеек и оболочек (233). Отсутствие импульса у замкнутых ячеек и оболочек (237). Таблицы термов для эквивалентных электронов (239).

ГЛАВА XVIII. МОДЕЛЬ АТОМА В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ. 242

Формы квантовой механики (243). Вывод волнового уравнения атома (249). Волновая модель атома водорода (255). Атом гелия (265). Вращающийся электрон и правило Паули в волновой механике (269).

ЧАСТЬ IV СТРОЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

ГЛАВА XIX. ПЕРВЫЙ (ГЕЛИЕВЫЙ) ПЕРИОД 272

Принцип построения (272). Нормальная последовательность связывания электронов (274). Водород (276). Гелий (278).

ГЛАВА XX. ВТОРОЙ И ТРЕТИЙ (НЕОНОВЫЙ И АРГОНОВЫЙ) ПЕРИОДЫ 281

Литий (281). Бериллий (283). Бор (284). Углерод (286). Азот (287). Кислород (289). Фтор (290). Неон (290). Третий период (от Na до Ar) (294).

ГЛАВА XXI. ЧЕТВЕРТЫЙ И ПЯТЫЙ (КРИПТОНОВЫЙ И КСЕНОНОВЫЙ) ПЕРИОДЫ 295

Калий и ионы с 19 электронами (296). Кальций и ионы с 20 электронами (300). Скандий и ионы с 21 электроном (301). Титан и V^{+} (303). Ванадий (304). Хром и Mn^{+} (305). Марганец и Fe^{+} (306). Железо (306). Кобальт и Ni^{+} (307). Никель и Cu^{+} (307). Медь (309). Цинк (310). Элементы от Ga до Kг (310). Пятый период (от Rb до X) (311).

ГЛАВА XXII. ШЕСТОЙ И СЕДЬМОЙ ПЕРИОДЫ. РЕНТГЕНОВСКИЕ ТЕРМЫ 317

Цезий и барий (317). Редкие земли (319). Гафний (320). Элементы от Ta до Em (321). Седьмой период (322). Окончание системы (323). Рентгеновские термы (324).

ГЛАВА XXIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 328

ЧАСТЬ V. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ВАЛЕНТНОСТЬ 337

ГЛАВА XXIV. ИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ 339

Полярная валентность (339). Химические ионы (341). Круговой процесс Бэра и Габера (343). Ионизационные потенциалы (346). Электронное сродство (355). Силы, действующие между ионами (357). Радиусы ионов (361). Определение энергии решетки и теплоты, образование молекул пара (363). Теплота диссоциации двухатомных газов (372). Теплота сублимации элементов (372). Теплота образования и пределы существования ионных соединений (373). Является ли определение границ существования ионных соединений принципиально возможным (382).

ГЛАВА XXV. АТОМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ 389

Объяснение атомных соединений с точки зрения волновой механики (389). неполярная валентность и кратность термов (394). Совпадение максимальных полярных и неполярных валентностей (396). Чередувание четных и нечетных чисел валентности (397). Энергия образования атомных соединений (399).

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Глава I. УЧЕНИЕ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ

Индийская философия

Индийская философия, развитие которой может быть прослежено вплоть до XV столетия до начала нашего летосчисления, никогда не уделяла особого внимания понятию материи и ее составных частей. Правда, в книгах индийских мыслителей иной раз идет речь о первичных материях и даже об атомах; но им никогда не придается значения существенных составных частей мира и основных элементов мироздания. Для древних индусов эти первичные материи представляли собой лишь формы проявления всемогущего духовного начала; мир рассматривался ими как всегда новое творение духа.

В возникших между XII и X столетиями до нашего летосчисления „ведах“ мы встречаемся со сведением всего мироздания, богов, миров и людей к одному целому („тад экам“ — „то единое“). Происхождение физического мира рисуется, например, в Ригведе следующим образом:

„Тогда не было ни несуществующего, ни существующего;
Не было ни воздушного пространства, ни небесного;

.....
В то время не было ни смерти, ни бессмертия,
Не было ни ночи, ни сияния дня.

Дышало бездыханное „то единое“, потому что ничего не было, кроме него.

Была тьма; окутанное тьмою, все было вначале одним беспросветным хаосом.

Жизненная сила, заключенная в пустоте, тад экам, — была рождена могуществом тапас („тапас“ — жар, усилие, аскетизм, углубление в самого себя).

Из него сначала развился кама (эрос, любовь), который был первым зародышем манас (души, воли, ума).

За этим первым творческим актом последовали дальнейшие, в которых тад экам, принимая образ различных богов, тем же внутренним нагреванием, концентрацией „тапас“, сотворило субстрат — „первичные воды“.

Затем, когда „то единое“ „вступает“ частью своего тела в этот субстрат, появляются отдельные предметы вселенной.

Первичные воды есть, следовательно, что-то похожее на элемент, на первичную форму материи, правда, рожденную духом, но ему противопоставляемую; входя в соединение с духом, она служит для образования отдельных вещей. Но духовный принцип остается господствующим. Представление об этом духовном принципе яснее разрабатывается в возникших примерно в 800-х годах до нашего летосчисления „Упанишадах“, где он получает название браман или атман, причем первое название относится к духовному принципу всего мира, второе — к таковому отдельных вещей. Но одновременно развивается яснее и представление о физических формах проявления духовного начала, причем намечаются понятия об элементах и даже атомах. Хотя Будда, определивший все дальнейшее развитие индусской философии, отвергает подобные рассуждения как излишние и несущественные, мы их все же коротко приводим.

Уже в более старых упанишадах появляются рядом с первичной водой новые элементы — *земля* и *огонь*. Своим возникновением они также обязаны творческому акту духовного принципа. Праяпутри (владыка мира), одно из многих имен этого принципа, по „Брихадараниака-упанишаде“, своей хвалебной песнью порождает воду; благодаря тому, что он сбивает ее, как масло, появляется земля; при этом он согревается, и возникает огонь.

Другая история творения элементов рассказывается в „Хандоша-упанишаде“:

— „Браман решил: я хочу быть многим, я хочу иметь потомство! И сотворил жар. Этот жар решил: я хочу быть многим, хочу иметь потомство! И сотворил волю. Поэтому, когда человек ощущает боль или жар, возникает вода (слезы, пот). Воля решила: мы хотим быть многим, хотим иметь потомство! И сотворили пищу. Поэтому, когда идет дождь, появляется обильная пища; ибо именно из вод рождается пища, которую мы едим!“

Предметы, которые встречаются в природе, никогда не представляют собой простых элементов; например, огонь состоит из всех трех элементов: только красное в нем — жар, белое — вода, черное — пища.

Позднее впереди элемента „огонь“ поставили еще два других: „эфир“ и „ветер“, которые должны были быть еще легче и сотворенные которых должно было поэтому предшествовать созданию огня. „Таиттирияка-упанишада“ гласит: „Воистину из атмана возник эфир, из эфира — ветер, из ветра — огонь, из огня — вода, из воды — земля“. Для составления реальных вещей из элементов даются подробные формулы; так, например, обыкновенная вода состоит наполовину из элемента *вода* и по одной восьмой из элементов *земля*, *огонь*, *воздух* и *эфир*. Пяти

элементам соответствуют пять чувств человека: эфир обладает свойством звука, ветер — осязаемости, огонь — краски, вода — вкуса, земля — запаха.

Во всей позднейшей индийской философии сохраняется это учение о пяти элементах. Но незадолго до начала нашего летоисчисления у философа Канады мы находим более рационалистическое оформление учения об элементах; у него элементы являются уже не отвлеченными принципами, а реальными сущностями. К пяти элементам он прибавляет как равноправные — время, пространство, душу (атман) и манас (средство, благодаря которому душе передаются впечатления, получаемые чувствами). Все эти элементы относятся к категории *субстанции*, которую Канада рассматривает как равноправную с другими категориями — качеством, деятельностью и т. д. Четыре материальных элемента — землю, воду, огонь, воздух (но не эфир) — Канада полагает состоящими из атомов.

ГРЕЧЕСКАЯ ФИЛОСОФИЯ

В индийской философии духовное мировоззрение — религия — лежало в основе всех представлений о строении материального мира; все материальное представлялось подчиненным духовному началу, было его простым проявлением.

В отличие от этой точки зрения, греческие мыслители исходили из натурфилософских представлений. Для них главным был воспринимаемый мир, и существенным предметом философии — создание единого представления об этом мире.

Уже в „Илиаде“ и „Одиссее“ мы находим один „элемент“, а именно — воду, океан, из которого все произошло:

— „...Океана бушующие приливы, того потока, который дал начало всему, что есть“.

У Гесиода (около 850 г. до нашего летоисчисления) первичным веществом является земля, происходящая из хаоса вместе с тартаром и эросом.

У Ферецида из Сирова (около 544 г. до нашей эры) встречается уже несколько элементов: „*Время* из своего семени произвело *огонь, ветер* и *воду*..., ...из которых произошло многообразное поколение богов“.

„Элементы“, которые фигурируют у этих поэтов, вряд ли имели уже строгое натурфилософское значение. Иначе обстоит дело с философами ионической школы, представители которой ясно выработали понятие о материи и элементах. Фалес Милетский (около 630—550 г. до нашего летоисчисления) определяет

элемент, как вещество, из которого все сущее состоит, из чего оно возникло и во что оно в конце концов опять превратится. Подобным элементом является для Фалеса *вода*, так как пища влажна так же, как и семя. Земля покоится, по Фалесу, на воде. Это он считает новым доказательством того, что вода есть основная субстанция всего мира. Для Анаксимандра Милетского (около 600 г. до нашей эры) представление о воде как первичном элементе слишком узко, он говорит только об *αἰθέρι* — тонкой, в пространстве и времени расплывчатой материи, которая не есть ни земля, ни вода, ни воздух, так же и не огонь, а нечто среднее между ними и представляет собой лишь первичное вещество всего. Подобное первичное вещество принимает и Анаксимен Милетский (около 550 г.); но он считает, что воздух тождествен с ним; огонь произошел благодаря разрежению воздуха, а благодаря его сгущению образовались ветер, облака, вода, земля и камни. Разрежение ведет к согреванию, сгущение — к охлаждению. Гераклит Эфесский (около 550 г.) приписывал *огню* то же значение, какое у Анаксимена имел воздух.

Эмпедокл (490—430 гг.), как кажется, первый перешел от одного единственного первичного вещества к нескольким элементам. К трем элементам своих предшественников он прибавил четвертый — *землю*. Это учение о четырех элементах было подробнее разработано Аристотелем (384—322 гг.); по примеру Платона он присоединил к четырем материальным элементам пятый нематериальный — *эфир*. Представление об этом духовном пятом элементе — *quinta essentia* — играло важную роль в средневековье и сохранилось до сих пор в слове „квинтэссенция“.

По Аристотелю, существует единственный субстрат (*διυμάτιν οὐρα αἰθέριον*) и четыре основных свойства: тепло, холод, сырость и сухость. Субстрат проявляется всегда снабженный двумя свойствами. Таким образом возникают четыре элемента:

Огонь	— субстрат	+ (тепло и сухость),
Воздух	— „	+ (тепло и сырость),
Вода	— „	+ (холод и сырость),
Земля	— „	+ (холод и сухость).

Две оставшиеся комбинации —

Субстрат	+ (тепло и холод) и
Субстрат	+ (сухость и сырость)

отпадают как бессмысленные. Этими соображениями Аристотель доказывает, что больше четырех элементов существовать не мо-