

ГЛАВА V. СТРОЕНИЕ АТОМА.¹⁾

Мы видели, что безразлично, получаем ли мы корпускулы посредством катодных лучей, ультра-фиолетового излучения или раскаленных металлов, и каковы бы ни были присутствующие металлы или газы, — мы получаем всегда один и тот же род корпускул. Так как корпускулы, сходные во всех отношениях, могут быть получены от весьма различных агентов и материалов, и масса корпускулы меньше массы всякого известного атома, то мы видим, что корпускула должна быть составной частью атома весьма различных субстанций. Таким образом, атомы этих субстанций имеют нечто общее.

Перед нами возникает идея, что атомы химических элементов построены из более простых систем; эта мысль в разных видах высказывалась более, чем одним химиком. Так, Прут (Prout) в 1815 г. высказал гипотезу, что атомы всех химических элементов построены из атомов водорода. В таком случае, предполагая, что при соединении водородных атомов для образования атома другого элемента нет потери веса, атомные веса всех элементов должны бы быть целыми числами; это, однако, не согласуется с опытом. Чтобы избежать этого несогласия, Дюма (Dumas) предположил, что первоначальный атом не водородный, но меньший атом, имеющий лишь половину или четверть массы водородного атома. Идея о сложной природе атома получила дальнейшее подтверждение, благодаря открытию Ньюландса (Newlands) и Менделеева, известному под именем периодического закона, который показывает, что в свойствах элементов заметна периодичность, если элементы расположены в порядке возрастающих атомных весов. Простые отношения между

¹⁾ Эта глава в значительной степени устарела: в ней не учтены позднейшие работы как самого Томсона и его учеников, так и Резерфорда. Но несмотря на это, высказанные в ней замечательные мысли ни в коем случае не утратили своего значения. (Прим. ред.).

атомными весами некоторых элементов, имеющих подобные химические свойства, например, тот факт, что атомный вес натрия есть среднее арифметическое между атомными весами лития и калия, — все указывает на то, что атомы различных элементов имеют нечто общее. Это подтверждается также сходством в строении спектров элементов той же группы в периодическом ряду; это сходство с большой очевидностью установлено новейшими работами над рядами линий в спектрах, частота которых подчиняется определенным числовым отношениям. Сэр Норман Локиер (Lockyer), основываясь на спектроскопических наблюдениях, уже давно высказал мысль, что элементы в действительности это — соединения, которые при подходящих условиях могут быть разложены. В пользу этого взгляда говорят далее явления радиоактивности, о которых я буду говорить ниже, так как имеются достаточные основания для допущения, что радиоактивность зависит от изменений, происходящих в атомах радиоактивных веществ. Если это так, то мы должны обратиться к проблеме строения атома и посмотреть, не можем ли мы представить себе модель, которая могла бы объяснить замечательное свойство радиоактивных веществ. Поэтому не мешает рассмотреть, какое значение имеет существование корпускул для проблемы строения атома; и, если даже модель атома, к которой нас приведут эти соображения, будет груба и несовершенна, то, может быть, она покажет нам пути исследований, которые могут дать нам новые сведения о строении атома.

Природа единицы, из которой построены атомы.

Исходя из гипотезы, что атом есть агрегат известного числа более простых систем, рассмотрим, какова природа одной из этих систем. Мы видели, что корпускула, масса которой гораздо меньше массы атома, образует составную часть атома, и на корпускулу естественно смотреть, как на составную часть первоначальной системы. Но корпускула обладает определенным зарядом отрицательного электричества, а, так как со всяким зарядом электричества мы всегда ассоциируем равный заряд противоположного рода, то мы должны ожидать, что отрицательный заряд корпускулы соединен с равным зарядом положительного электричества. Поэтому представим себе нашу первоначальную систему электрической парой (дублетом) с отрицательной корпускулой на одном конце и равным положительным зарядом на другом; при этом оба конца соединены электриче-

скими силовыми линиями, которым мы приписываем материальное существование. По причинам, которые выяснятся позже, мы должны предположить, что объем, в котором распределено положительное электричество, гораздо больше объема корпускулы. ¹⁾ Поэтому силовые линии близ корпускулы более сжаты, чем в других местах системы, и, следовательно, количество эфира, связанного силовыми линиями, массу которого мы рассматриваем, как массу системы, будет гораздо больше вблизи корпускулы, чем где-либо. Если, как мы предположили, объем корпускулы очень мал сравнительно с объемом, занятым положительным электричеством, то масса системы практически будет зависеть от массы эфира, связанного вблизи корпускулы. Таким образом, масса системы будет практически независима от положения ее положительного конца и приблизительно равна массе корпускул, если бы они одни находились в поле. Эта масса (см. стр. 38) для каждой корпускулы равна $\frac{2e^2}{3a}$, где e — заряд корпускулы, a — ее радиус, который, как мы видели, приблизительно равен 10^{-13} см.

Теперь представим себе, что мир состоит из неизмеримого числа таких электрических пар, и мы рассматриваем его, как нашу первоначальную систему. Если бы они были в покое, то их взаимное притяжение сблизило бы их точно так, как притяжение сближает ряд маленьких магнитов, если они могут свободно двигаться, так что они образуют агрегаты более, чем одной системы.

Однако, если бы отдельные сист.мы двигались первоначально со значительными скоростями, то относительная скорость двух систем, когда они сближаются так, что оказывают друг на друга заметное притяжение, было бы достаточно, чтобы удалить системы друг от друга, несмотря на их взаимное притяжение. В этом случае образование агрегатов последовало бы лишь, когда кинетическая энергия единиц уменьшилась бы до такой степени, что при столкновении их стремление к разделению, зависящее от их относительного движения, было бы не достаточно, чтобы помешать им оставаться вместе под действием взаимного притяжения.

Рассмотрим, каким образом кинетическая энергия такого агрегата должна уменьшаться. Мы видели (стр. 48), что, когда скорость заряженного тела изменяется, то тело теряет энергию, так как

¹⁾ Теперь доказано, что объем положительного ядра значительно меньше объема корпускулы; таким образом, этот вывод Томсона опровергнут. (Прим. ред.)

тело порождает электрические волны, которые излучаются в пространство и несут с собой энергию. Поэтому, когда единицы сталкиваются, т. е. сближаются так тесно, что они взаимно ускоряют или замедляют заметным образом свое движение, то излучается энергия, которая не вполне поглощается соседними единицами. Поэтому энергия постоянно теряется и через известное, хотя, может быть, и очень долгое время, кинетическая энергия уменьшится до величины, при которой агрегат единиц начинает распадаться на группы по две единицы. Потом образуются агрегаты, содержащие большее число единиц.

Рассматривая вопрос о дальнейшем соединении этих сложных групп, мы должны помнить, что возможность соединения зависит не только от скорости агрегата, как целого, т. е. от скорости центра тяжести, но и от относительных скоростей корпускул внутри агрегата.

Представим себе агрегат, состоящий подобно атому Эпинуса у лорда Кельвина из сферы равномерно положительного заряда, обладающего радиальной электрической силой, которая у всякой внутренней точки пропорциональна расстоянию от центра. Допустим также, что внутри этой сферы вращаются гораздо меньшие отрицательно заряженные корпускулы. Число корпускул есть число единиц, образовавших агрегат, и общий отрицательный заряд корпускул равен положительному заряду сферы. Чтобы быть определеннее, возьмем пример, показанный на рис. 15, из трех корпускул А, В, С, расположенных внутри сферы по углам равностороннего треугольника, центр которого совпадает с центром сферы. Сначала предположим, что корпускулы находятся в покое; они будут в равновесии, когда они на таком расстоянии от центра сферы, что отталкивание между корпускулами, которое, очевидно, будет радиально, как раз уравнивает радиальное притяжение, производимое на корпускулы положительным зарядом сферы. Простое вычисление показывает, что это произойдет, когда расстояние корпускулы от центра будет равно 0,57 радиуса сферы. Теперь предположим, что корпускулы вместо того, чтобы быть в покое, описывают круговые орбиты вокруг центра сферы. Их центробежная сила увлечет их дальше от центра на расстояние, зависящее от скорости их вращения по орбитам. При возрастании этой скорости расстояние от центра сферы до корпускул будет возрастать до тех пор, пока при

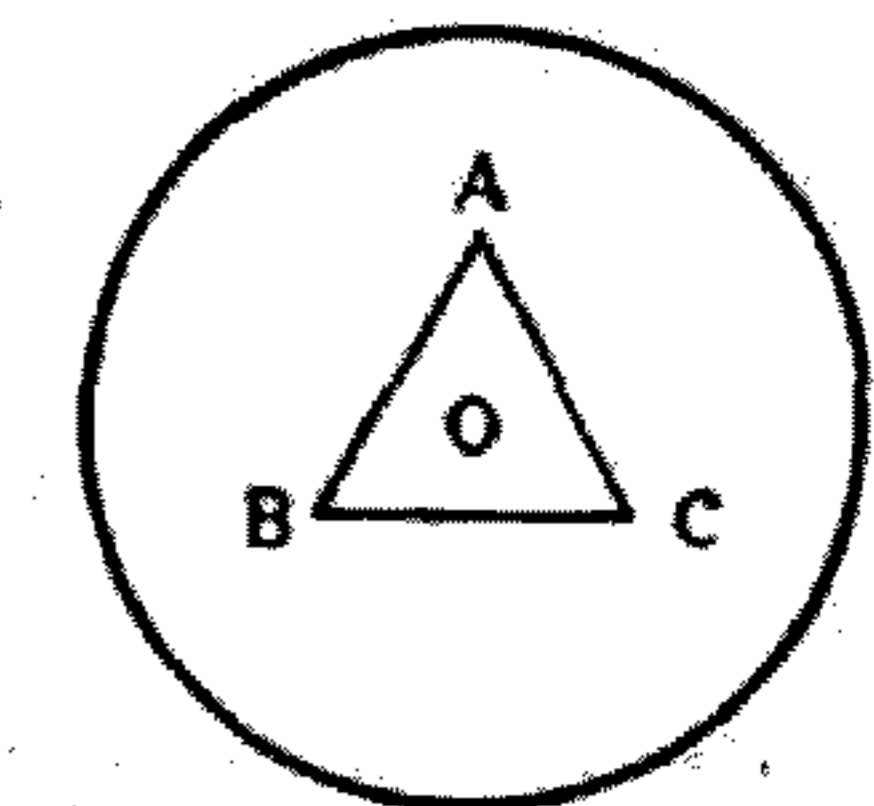


Рис. 15.

известной скорости корпускулы достигнут поверхности сферы. Дальнейшее возрастание скорости заставит их сначала вращаться вне сферы и, наконец, совсем покинуть сферу, когда атом уже распадется.

Таким образом, мы видим, что состав агрегата не постоянен, когда кинетическая энергия, зависящая от скорости корпускул внутри сферы относительно ее центра, превосходит известную величину. Ради краткости мы назовем эту кинетическую энергию корпускул внутри атома корпускулярной температурой атома. Предыдущий результат можно выразить иначе, сказав, что атом устойчив лишь до тех пор, пока его корпускулярная температура не превышает известной величины.

Мы должны тщательно различать корпускулярную температуру, которая представляет среднюю кинетическую энергию корпускул внутри атома, и молекулярную температуру, которая является средней кинетической энергией, зависящей от движения центра тяжести атома. Вероятно, эти температуры не находятся в тесной связи друг с другом. Они были бы пропорциональны друг другу, если бы здесь был приложен известный закон равного распределения энергии между различными степенями свободы атома. Но этот закон несовместим с физическими свойствами газов, и в кинетической теории газов доказательство его не принимает в расчет времени, необходимого для установления состояния, предполагаемого законом. Возможно, что это время так долго, что газы никогда не могут прийти в это состояние.

Возьмем теперь случай двух агрегатов А и В, корпускулярные температуры которых высоки, хотя не так, чтобы сделать А и В в отдельности неустойчивыми. Чтобы дать им наибольшую возможность соединения, предположим, что центры тяжести А и В, когда они сближены между собою, находятся в покое. Соединяются ли тогда А и В так, чтобы образовать более сложный агрегат, как это было бы, если бы корпускулы их были в покое? Я думаю, легко видеть, что это вовсе не необходимо. Ибо, когда А и В сближаются под влиянием взаимного притяжения, то потенциальная энергия, вызываемая расхождением А и В, уменьшится, а кинетическая энергия возрастет. Это увеличение кинетической энергии корпускул А и В увеличит стремление корпускул покинуть свои атомы, и, если приращение кинетической энергии значительно, то как А, так и В могут потерять одну или несколько корпускул. Отделение одной корпускулы оставит А и В положительно заряжен-

ными, и они будут стремиться к расхождению, благодаря отталкиванию их зарядов. Когда они разойдутся, то они будут оба положительно заряжены. Но, так как теперь в области, где расположены А и В, движутся свободные корпускулы с отрицательными зарядами, то эти положительные заряды наконец нейтрализуются корпускулами, которые сталкиваются с А и В и остаются в соединении с ними.

Итак, мы приходим к заключению, что соединение может быть устойчиво лишь тогда, когда корпускулярная температура после соединения меньше известной предельной величины; иначе образуемый комплекс будет неустойчив и неспособен к продолжительному существованию. Но корпускулярная температура агрегата, образуемого из А и В, зависит от корпускулярных температур А и В до соединения, а также от уменьшения потенциальной энергии системы, вызванного соединением А и В. Если корпускулярные температуры А и В до соединения были очень высоки, то корпускулярная температура после соединения будет также высока. Если они превосходят известный предел, то корпускулярная температура после соединения будет слишком высока для сохранения устойчивости агрегата АВ, и он не образуется. Таким образом, одним из условий для образования сложных агрегатов является требование, чтобы корпускулярная температура их составляющих до соединения была достаточно низка.

Если молекулярная температура газа, в котором А и В — молекулы, очень высока, то соединение их может быть задержано большой относительной скоростью А и В, которая, несмотря на их взаимное притяжение, удаляет их друг от друга. Но следует иметь в виду, что мы не можем вызвать соединение простым понижением молекулярной температуры, т. е. охлаждением газа. Соединение возможно лишь тогда, когда корпускулярная температура, т. е. кинетическая энергия, вызываемая движением корпускул внутри атома, уменьшена ниже известной величины. Мы можем предупредить соединение, повышая молекулярную температуру газа, но не можем вызвать соединение понижением ее.

Приведем определенный пример: причина, по которой с этой точки зрения атомы водорода, находящиеся на земле, не соединяются для образования другого элемента даже при крайне низкой температуре, когда водород становится жидким, — состоит в том, что даже при этой температуре кинетическая энергия корпускул внутри атома, т. е. корпускулярная температура, слишком высока.

Здесь будет полезно повторить то, что мы установили ранее, именно, что между корпускулярной и молекулярной температурами нет тесной связи, и что последнюю можно понизить почти до абсолютного нуля, не изменяя существенно первой.

Теперь мы должны перейти к обсуждению того значения, какое эти выводы имеют для теории, что различные химические элементы постепенно развились путем соединения первоначальных единиц.

Предположим, что достигнута первая ступень, и мы имеем известное число систем, образованных соединением двух единиц. Когда эти двойные системы, как мы можем их назвать, впервые образовались, то корпускулы в системе должны были иметь значительный запас кинетической энергии. Это должно быть так, потому что при соединении двух единиц должен был возникнуть запас кинетической энергии, равный уменьшению потенциальной энергии, благодаря соединению двух единиц. Так как эти двойные системы имеют первоначально высокую корпускулярную температуру, то они не легко будут соединяться друг с другом или с другой единицей. Прежде чем произойдет такое соединение, кинетическая энергия корпускул должна уменьшиться.

Сейчас мы должны перейти к обсуждению способа, каким происходит это уменьшение; но мы выскажем заранее вывод из этого обсуждения, сказав, что скорость убывания корпускулярной температуры, вероятно, сильно колеблется среди отдельных двойных систем.

Поэтому некоторые системы, вероятно, достигли состояния, когда они способны соединяться между собою или с отдельной единицей задолго раньше других. Системы первого рода будут соединяться, и мы будем иметь системы, из коих одни содержат три, другие — четыре единицы, тогда как в то же время остается много двойных систем. Таким образом, появление более сложных систем вовсе не вызывает одновременно исчезновения всех более простых.

Тот же принцип применяется к образованию дальнейших агрегатов из систем, содержащих три или четыре единицы. Одни из этих систем будут готовы к соединению ранее других, и возникнут системы, содержащие восемь единиц прежде, чем более устойчивые, содержащие четыре, три, две или одну только единицу, исчезнут. С дальнейшим ходом агрегации число наличных систем с различным числом единиц будет возрастать.

Таким образом, если мы допустим, что системы, содержащие различное число единиц соответствуют разным химическим элементам, то можно ожидать появления элементов все более высоких

атомных весов по мере того, как мир будет старше. Однако появление их не предполагает уничтожения элементов более низкого атомного веса. Во всяком случае число атомов последних будет уменьшаться, так как по нашей гипотезе более тяжелые элементы строятся из материала, доставляемого более легкими. Но не все атомы последних будут потреблены сразу, так что возможно одновременное существование большого числа элементов.

Однако, если корпускулярная температура атомов, благодаря излучению, постоянно падает, то более легкие элементы со временем исчезнут, и, если более тяжелые атомы не распадутся, то атомный вес самого легкого оставшегося элемента будет постоянно возрастать. По этой теории, так как водород — самый легкий известный элемент, и атом водорода содержит около тысячи корпускул,¹⁾ то все агрегаты из менее, чем тысячи единиц, вступили в соединение и не существуют более в свободном состоянии.

КАК КОРПУСКУЛЫ В АТОМЕ ТЕРЯЮТ ИЛИ ПРИОБРЕТАЮТ
КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ.

Если бы кинетическая энергия, возникающая из движения корпускул относительно центра тяжести атома, могла превращаться благодаря столкновениям в кинетическую энергию, зависящую от движения атома, как целого, т. е. в молекулярную температуру, то так как число корпускул в атоме чрезвычайно велико, из кинетической теории газов следовало бы, что удельная теплота газа при постоянном давлении приблизительно равна удельной теплоте при постоянном объеме; но на самом деле этого нет ни в одном газе. Отсюда мы заключаем, что кинетическая энергия корпускул уменьшается не от столкновений.

Но мы видели (стр. 48), что движущаяся электрическая частица излучает энергию всякий раз, когда ее скорость изменяется по величине или направлению. Таким образом, корпускулы в атоме вызывают электрические волны, испускают лучистую энергию, теряя кинетическую.

¹⁾ Это вытекает из предположения, что ядро обладает малой массой и большим объемом. Теперь нам известно, что ядро атома водорода имеет размер меньший, чем электрон, и массу, в 1800 раз большую. В атоме водорода, как мы теперь предполагаем, только один электрон. Таким образом, в этой части мы далеко ушли вперед. Необходимо однако отметить, что изложенные в этой главе соображения были первой попыткой подойти к вопросу о строении атома. (Прим. ред.)

Количество энергии, которую корпускулы теряют таким образом, сильно изменяется в зависимости от числа корпускул и способа их движения. Таким образом, если одна корпускула описывает круговую орбиту радиуса a со скоростью v , то потеря энергии от радиации в секунду равна $\frac{2e^2v^4}{3Va^2}$, где e есть заряд корпускулы, а V — скорость света. Если вместо одной корпускулы на противоположных концах диаметра движутся все корпускулы по той же орбите с той же скоростью, как одна корпускула, то потеря энергии в секунду двумя корпускулами гораздо меньше потери энергии одной корпускулой, и, чем меньше скорость корпускулы, тем больше уменьшение потери энергии, вызываемой возрастанием числа корпускул. Влияние увеличения числа корпускул показано в следующей таблице, которая представляет размер излучения каждой корпускулы для разных чисел корпускул, расположенных на равных угловых расстояниях на круговой орбите.

Таблица относится к двум случаям: в одном — скорость корпускул равна десятой доле скорости света, в другом — одной сотой. В обоих случаях излучение одной корпускулы принято за единицу.

Излучение каждой корпускулы.

Число корпускул.	$v = \frac{V}{10}$	$v = \frac{V}{100}$
1	1	1
2	$9,6 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-4}$
3	$4,6 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-7}$
4	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-10}$
5	$5,6 \times 10^{-5}$	$5,6 \times 10^{-13}$
6	$1,6 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-17}$

Таким образом, мы видим, что излучение от каждой из группы шести корпускул, движущихся с десятой долей скорости света, менее пятимиллионной части излучения одной корпускулы, описывающей ту же орбиту с той же скоростью. Если же скорость корпускул составляет лишь сотую часть скорости света, то уменьшение радиации гораздо больше.

Если корпускулы выведены из симметрического положения, в которых они находились на равных расстояниях вокруг центра, находящегося в покое, то излучение сильно увеличится. В атоме, содержащем большое число корпускул, количество излучаемой энергии изменяется очень быстро, смотря по роду движения корпускул в атоме. Так, например, если бы большое число корпускул двига-

лось близко друг от друга по круговой орбите, то излучение было бы крайне мало. Оно исчезло бы совершенно, если бы корпускулы были расположены так тесно, что образовали бы непрерывное кольцо отрицательного электричества. Если бы то же число частиц двигалось вокруг в беспорядке, то излучение, т. е. корпускулярное охлаждение, было бы значительно больше, хотя бы кинетическая энергия корпускул в последнем случае была не больше, чем в первом.

Таким образом излучение энергии корпускул, скорость которых не одинакова, представляет процесс, который постепенно понижает корпускулярную температуру атома и, если наш взгляд правилен, позволяет атому образовывать новые соединения, вызывая образование новых химических элементов.

Этот процесс охлаждения должен быть крайне медленным: хотя корпускулярная температура при образовании нового элемента, вероятно, также очень высока и должна значительно убывать прежде, чем атом может войти в новые соединения, однако, мы должны допустить, что некоторые элементы существовали без изменения много тысяч или даже миллионов лет. В самом деле мы не можем непосредственно доказать, что в атоме происходят изменения. Однако я думаю, что некоторые явления радиоактивности, которых я коснусь ниже, если не доказывают, то допускают вполне обоснованную гипотезу, что подобные вековые изменения происходят в атоме.

Мы должны также помнить, что корпускулы всякого атома получают и поглощают излучение других атомов. Это вызывает повышение корпускулярной температуры атома и таким образом способствует удлинению времени, необходимого для понижения температуры до того уровня, когда возможны новые соединения атома.

Тот факт, что сила излучения зависит в такой степени от пути и способа движения корпускул в атоме, показывает, что продолжительность жизни различных атомов отдельного элемента не одинакова. Некоторые из них готовы к новым изменениям гораздо раньше других. Важно выяснить, как велико количество энергии, необходимое для образования сложного атома или для перераспределения корпускул внутри его. Если атом содержит n корпускул, каждая с зарядом e , измеренным в электростатических единицах, то общее количество отрицательного электричества в атоме будет ne , и равное количество положительного электричества распределено по сфере, заряженной положительно. Поэтому работа, необходимая для разложения атома на его составные единицы, может выразиться через

$\frac{(ne)^2}{a}$, где a радиус шара, содержащего корпускулы. А так как атом возник из соединения этих единиц, то $\frac{(ne)^2}{a}$ будет того же порядка величины, как кинетическая энергия, сообщенная этим составным частям в течение всей их жизни со времени их возникновения, как отдельных данных, до момента их вступления в число членов нашего атома. В течение этого периода они должны были излучить большое количество энергии, но следующее вычисление покажет, какое огромное количество кинетической энергии должны содержать корпускулы в атоме даже, если они удержали лишь чрезвычайно малую долю сообщенной им энергии. Вычислим величину $\frac{(ne)^2}{a}$ для всех атомов, находящихся в одном грамме вещества. Пусть N будет число этих атомов в грамме, тогда $N \frac{(ne)^2}{e}$ есть величина энергии, полученной этими атомами. Если M есть масса атома, то $NM = 1$, так что

$$N \frac{(ne)^2}{a} = \frac{1}{M} \frac{(ne)^2}{a};$$

если m есть масса одной корпускулы, то

$$nm = M,$$

а потому

$$N \frac{(ne)^2}{a} = \frac{e}{m} \frac{ne}{a};$$

если же e измеряется в электростатических единицах, то

$$\frac{e}{m} = 3 \times 10^{17} \text{ и } e = 3,4 \times 10^{-10};$$

а потому

$$N \frac{(ne)^2}{a} = 10,2 \times 10^7 \times \frac{n}{a}. \quad (1)$$

В случае атома водорода $n = 1000$,¹⁾ и, если мы за радиус этого атома a примем величину, обычно принимаемую в кинетической теории газов, т. е. 10^{-8} , то

$$N \frac{(ne)^2}{a} = 1,02 \times 10^{19} \text{ эргов.}$$

Эта величина энергии была бы достаточна, чтобы поднять миллион тонн на высоту, значительно превосходящую 90 метров. Далее из уравнения (1) мы видим, что эта энергия пропорциональна числу корпускул, так что, чем больше молекулярный вес элемента, тем

¹⁾ Мы уже указывали, что для водорода $n = 1$. (Прим. ред.)

больше будет количество энергии, содержащейся в атомах каждого грамма.

Мы возвратимся к природе внутренних изменений в атоме при рассмотрении некоторых явлений радиоактивности; но прежде желательно рассмотреть ближе способ, которым корпускулы располагаются в атоме. Мы начнем со случая, когда корпускулы находятся в покое. Корпускулы предполагаются в сфере однородного положительного заряда, который оказывает радиальную притягательную силу на каждую корпускулу, пропорциональную ее расстоянию от центра сферы; и задача состоит в том, чтобы расположить корпускулы в сфере так, чтобы они были в равновесии под действием этого притяжения и их взаимных отталкиваний. Две корпускулы А и В, как легко видеть, находятся в равновесии, если они лежат на прямой линии с центром сферы (рис. 16), и $OA = OB = \frac{1}{2}$ радиуса сферы.

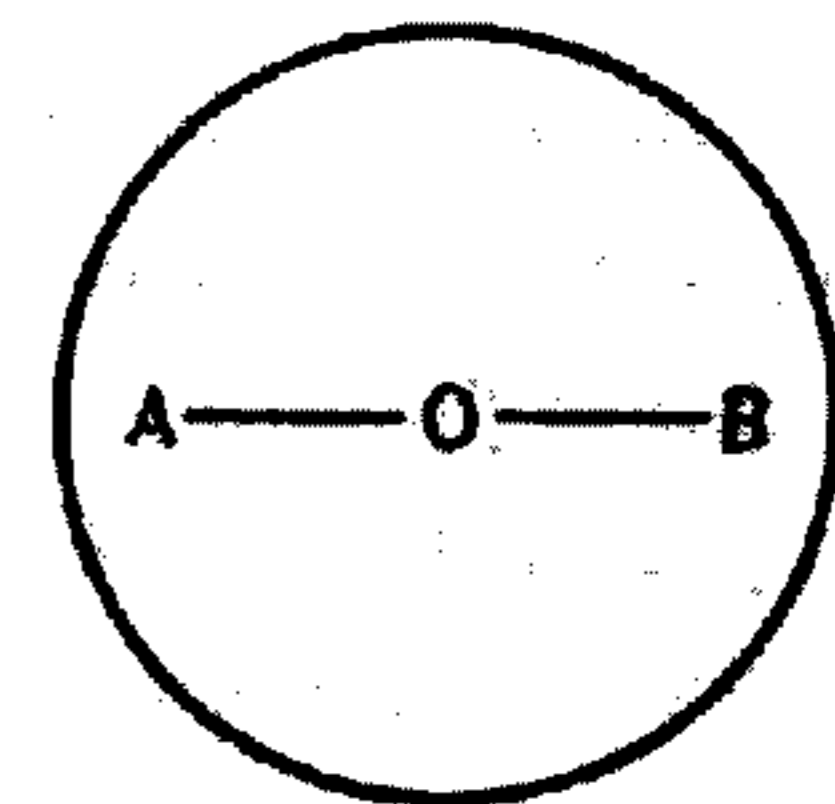


Рис. 16.

Три корпускулы А, В, С находятся в равновесии, если АВС представляет равносторонний треугольник с центром в О (рис. 17), и $OA = OB = OC = \left(\frac{1}{5}\right)^{1/3}$ или 0,57 радиуса сферы.

Четыре корпускулы находятся в равновесии, если они расположены на вершинах углов правильного тетраэдра с центром, совпадающим с центром сферы. В этих случаях все корпускулы находятся на поверхности сферы, концентрической со сферой положительного заряда, и можно думать, что для всякого числа корпускул положение равновесия будет состоять в симметрическом расположении на поверхности сферы. Во всяком случае такое расположение технически должно представлять равновесие, но математическое вычисление показывает, что это расположение неустойчиво и не может сохраняться, кроме случая, когда число корпускул очень мало, около семи или по большей мере восьми. Когда число корпускул больше этого предельного числа, то корпускулы распадаются на две группы. Одна группа, содержащая меньшее число корпускул, находится на поверхности маленького тела, концентрического со сферой, другая — на поверхности большего концентрического тела. Когда число корпускул еще более возрастает, то наступает стадия, в которой равно-

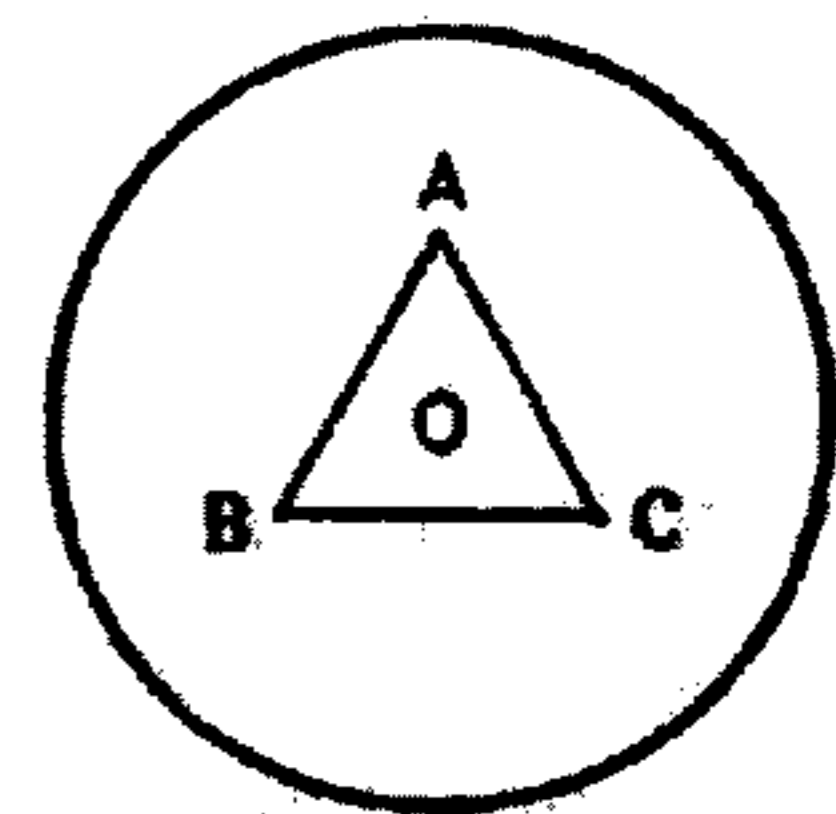


Рис. 17.

весие не может быть устойчиво даже при двух группах, и корпускулы делятся на три группы, расположенные на поверхностях концентрических шаров. Чем более возрастает число корпускул, тем более групп необходимо для равновесия. Для значительного числа корпускул задача нахождения равновесия становится слишком сложной для вычисления. Мы должны обратиться к опыту и попытаться устроить модель, в которой силы, вызывающие равновесие, подобны тем, которые мы предположили действующими в корпускуле. Такую модель представляет простой и изящный опыт, впервые произведенный, насколько мне известно, профессором Майером. В этом опыте несколько маленьких магнитов плавают в сосуде с водой. Магниты состоят из стальных иголок, намагниченных до равной силы, и плавают, воткнутые на маленьких кружках пробки. Магниты располо-

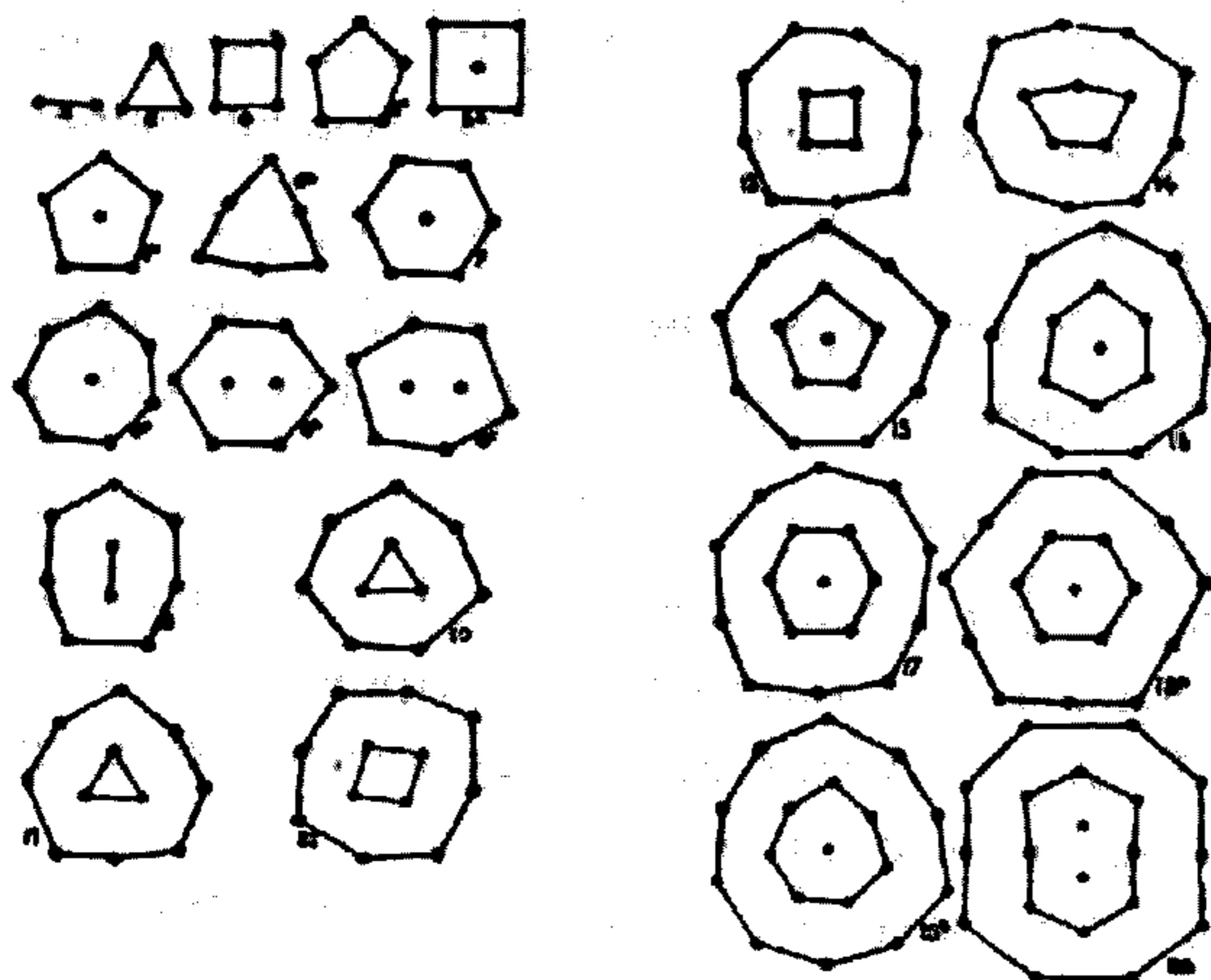


Рис. 18.

жены так, что все положительные полюсы находятся выше или ниже поверхности. Эти положительные полюсы подобно корпускулам отталкиваются друг от друга с силами, изменяющимися обратно пропорционально расстоянию между ними. Притягательная сила действует со стороны отрицательного полюса (если магниты имеют положительные полюсы над водой), подвешенного на некотором расстоянии над поверхностью воды. Этот полюс производит на положительные полюсы маленьких плавающих магнитов притягательную силу, составляющая которой, параллельная поверхности воды, будет направлена радиально к O , проекции отрицательного полюса на поверхности воды. Если отрицательный полюс находится на некотором расстоянии над поверхностью воды, то эта составляющая приблизительно пропорциональна расстоянию от O . Таким образом, силы на полюсах плавающих магнитов имеют большое сходство с силами, действующими на корпускулу в нашем гипотетическом атоме. Главное различие состоит в том, что корпускулы могут свободно двигаться

по всем направлениям в пространстве, тогда как полюсы плавающих магнитов принуждены двигаться в плоскости, параллельной поверхности воды.

Расположения, принимаемые плавающими магнитами по мере возрастания числа магнитов от двух до девятнадцати, представлены на чертеже 18, который дан Майером.

Конфигурации, принимаемые магнитами при еще большем числе их, могут быть получены из следующей таблицы, также данной Майером. Из этой таблицы можно видеть, что когда число плавающих магнитов не превосходит пяти, то магниты располагаются на углах правильного многоугольника, пять магнитов по углам пятиугольника, четыре по углам квадрата и т. д. Когда число больше пяти, то расположение становится иным. Так, шесть магнитов не располагаются на углах шестиугольника, но делятся на две системы, так что один находится в центре, а пять вне его по углам правильного пятиугольника. Это расположение в двух группах продолжается до тех пор, пока число их не достигнет пятнадцати, когда получатся три группы; при двадцати семи магнитах получатся четыре группы и т. д.

РАСПОЛОЖЕНИЕ МАГНИТОВ (МАЙЕР).

1	2	3	4	5
$\begin{cases} 1 \cdot 5 \\ 1 \cdot 6 \\ 1 \cdot 7 \end{cases}$	$\begin{cases} 2 \cdot 6 \\ 2 \cdot 7 \end{cases}$	$\begin{cases} 3 \cdot 7 \\ 3 \cdot 8 \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \cdot 8 \\ 4 \cdot 9 \end{cases}$	$\begin{cases} 5 \cdot 9 \end{cases}$
$\begin{cases} 1 \cdot 5 \cdot 9 \\ 1 \cdot 6 \cdot 9 \\ 1 \cdot 6 \cdot 10 \\ 1 \cdot 6 \cdot 11 \end{cases}$	$\begin{cases} 2 \cdot 7 \cdot 10 \\ 2 \cdot 8 \cdot 10 \\ 2 \cdot 7 \cdot 11 \end{cases}$	$\begin{cases} 3 \cdot 7 \cdot 10 \\ 3 \cdot 7 \cdot 11 \\ 3 \cdot 8 \cdot 10 \\ 3 \cdot 8 \cdot 11 \\ 3 \cdot 8 \cdot 12 \\ 3 \cdot 8 \cdot 13 \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \cdot 8 \cdot 12 \\ 4 \cdot 8 \cdot 13 \\ 4 \cdot 9 \cdot 12 \\ 4 \cdot 9 \cdot 13 \end{cases}$	$\begin{cases} 5 \cdot 9 \cdot 12 \\ 5 \cdot 9 \cdot 13 \end{cases}$
1	2	3	4	
$\begin{cases} 1 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 12 \\ 1 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 13 \\ 1 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 12 \\ 1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 12 \\ 1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 13 \\ 1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 2 \\ 1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 13 \\ 1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 14 \\ 1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 15 \end{cases}$	$\begin{cases} 2 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 15 \\ 2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 14 \end{cases}$	$\begin{cases} 3 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 13 \\ 3 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 14 \\ 3 \cdot 7 \cdot 13 \cdot 14 \\ 3 \cdot 7 \cdot 13 \cdot 15 \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \cdot 9 \cdot 13 \cdot 14 \\ 4 \cdot 9 \cdot 13 \cdot 15 \\ 4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 15 \end{cases}$	

Здесь, например, формула $3 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 13$ обозначает, что тридцать пять магнитов располагаются так, что внутри образуется кольцо из трех магнитов, затем кольцо из семи, потом из двенадцати и одно из тринадцати — снаружи.

Я думаю, что эта таблица дает некоторые указания для объяснения некоторых свойств атомов. Возьмем, например, химический закон, называемый периодическим законом; согласно этому закону, если мы расположим элементы в порядке возрастания их атомных весов, то, взяв элемент низкого атомного веса, положим, литий, мы найдем известные свойства, связанные с ним. Этих свойств не обнаруживают элементы, непосредственно следующие за ним в ряду возрастающих атомных весов; но свойства появляются снова, когда мы достигнем натрия, затем они снова исчезают на время, но появляются опять, когда мы дойдем до калия, и т. д. Рассмотрим теперь расположения плавающих магнитов и допустим, что число их пропорционально атомному весу элемента. Тогда, если какое-либо свойство связано с треугольным расположением магнитов, то оно обнаруживалось бы элементами, коих атомный вес по этой шкале равен трем; но оно не появлялось бы, пока мы не достигли бы атомного веса десять, когда свойство снова показывается, так как здесь мы имеем снова треугольное расположение в середине и кольцо из семи магнитов снаружи. Когда число магнитов возрастает, то треугольное расположение исчезает на время, но появляется снова при двадцати магнитах и снова при тридцати пяти. Треугольное расположение появляется и исчезает таким же образом, как и свойства элементов в периодическом законе. Как пример свойства, которое может быть связано с особенной группировкой корпускул, возьмем числа колебаний системы, как они обнаруживаются положением линий в спектре элемента. Сначала возьмем случай 3 корпускул, когда они сами по себе находятся в положительно заряженном шаре. Три корпускулы имеют девять степеней свободы, так что здесь возможны девять периодов. Некоторые из этих периодов в данном случае бесконечно велики, а многие из возможных периодов равны между собою, так что здесь нет девяти различных периодов.

Допустим, что спектральные линии трех корпускул представлены на чер. 19, где цифры под линиями представляют число периодов, совпадающих на этой линии, т. е., если периоды даны уравнением с девятью корнями; допустим, что только один корень представляет период, соответствующий линии *A*, тогда как линии *B* соответствуют два равные корня, линии *C* — три, линии *D* — один и линии *E* — два

равные корня. Эти периоды имеют между собою известные численные отношения, независимые от заряда корпускул, от размера сферы, в которой они находятся или от их расстояния от центра сферы. Каждое из этих количеств, хотя не влияет на отношение периодов, имеет большое влияние на абсолютную величину каждого из них. Теперь предположим, что эти три корпускулы находятся в сфере не одни, но образуют лишь одну из многих групп в ней точно так, как треугольник из магнитов представляет составную часть групп, состоящих из 3, 10, 20 и 35 магнитов. Рассмотрим, как присутствие других групп влияет на периоды колебаний трех корпускул. Абсолютные величины периодов вообще были бы различны, но отношение между различными периодами было бы гораздо устойчивее, могло бы быть изменено, но не нарушено. Пользуясь терминологией теории планетных движений, мы можем считать движение трех корпускул „возмущенным“¹⁾ другими группами.

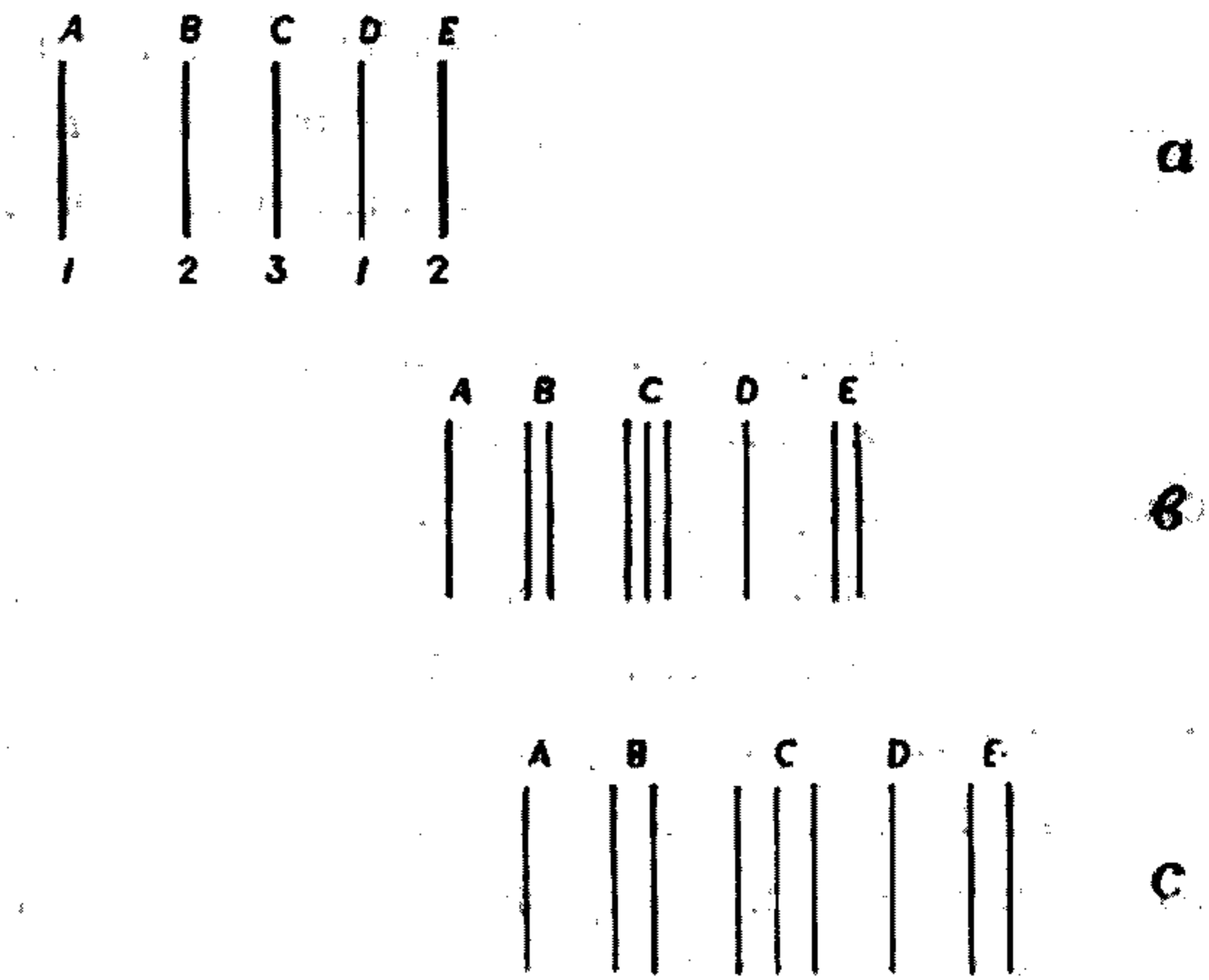


Рис. 19.

Когда группа трех корпускул была одна, здесь были различные смещения, которые имели тот же период колебаний; например, для линии *C* здесь были три смещения одинакового периода. Когда же здесь есть другие группы, то эти различные смещения уже не симметричны относительно этих групп, так что три периода уже не вполне равны между собою. Но они были бы приблизительно равны, если бы влияние других групп не было очень велико. Так, в спектре *C* вместо одной линии представило бы триплет, тогда как *B* и *E* дали бы дуплеты. *A* и *D* остались бы простыми линиями.

¹⁾ Хотя происхождение спектральных линий теперь объясняется перекачиванием электрона с одной устойчивой орбиты на другую, согласно теории Бора, однако, вопрос о „возмущении“ играет и теперь большую роль в теории спектров.

(Прим. ред.)

Таким образом, спектр теперь имел бы вид черт. 19а; чем больше число групп, окружающих группу трех корпускул, тем более движение последней будет возмущено, и тем больше будет расхождение составных частей триплетов и дублетов. Изображение по мере возрастания числа групп представлено на черт. 19 в, с. Поэтому, если мы допустим, что элемент, содержащий эту особенную группировку корпускул, принадлежит к той же группе в классификации элементов согласно периодическому закону, то получим в спектрах этих элементов гомологичные ряды линий, в которых расстояния между составляющими дублетов и триплетов возрастают с атомным весом элементов. Исследования Ридберга (Rydberg), Рунге (Runge) и Пашена (Paschen) и Кейзера (Keyser) показали присутствие в спектрах элементов той же группы рядов линий, имеющих во многих отношениях сходные свойства, как в описанных нами.

Другой интересный пункт в опытах Майера состоит в том, что для одного и того же числа магнитов существует более одной устойчивой конфигурации. Эти конфигурации соответствуют разным количествам потенциальной энергии, так что переход от конфигурации и большей потенциальной энергии к меньшей сообщит корпускуле кинетическую энергию. Из количеств потенциальной энергии, заключенных в атоме, которые мы определили на стр. 70, мы заключаем, что даже ничтожная перемена потенциальной энергии разовьет количество кинетической энергии, которое, будучи превращено в теплоту, далеко превзойдет количество теплоты, развиваемой при каком-либо известном химическом соединении атомов.

Рассмотрение таблицы показывает, что в ней есть известные места, где природа конфигурации меняется очень быстро с числом магнитов. Так, пять магнитов образуют одну группу, а шесть магнитов — две; четырнадцать магнитов образуют две группы, пятнадцать — три; двадцать семь магнитов образуют три группы, двадцать восемь — четыре и т. д. Если мы расположим химические элементы в порядке их атомных весов, то найдем, что в известных местах различие свойств последовательных элементов чрезвычайно велико; так, например, мы видим крайнее различие в свойствах между фтором и натрием. Затем наблюдается большая или меньшая непрерывность свойств, пока мы не дойдем до хлора, за которым следует калий; следующий перерыв лежит между бромом и рубидием и т. д. Это явление кажется аналогичным перегруппировке магнитов.

До сих пор мы предполагали, что корпускулы находятся в покое; если же они находятся в состоянии устойчивого движения и описывают круговые орбиты около центра сферы, то центробежная сила, возникающая из этого движения, будет удалять корпускулы от центра сферы, не нарушая во многих случаях конфигурации. Так, например, если в сфере находятся три корпускулы, то в состоянии равномерного движения они расположатся по углам равностороннего треугольника, как если бы они были в покое, но этот треугольник будет вращаться около центра сферы, и расстояние корпускул от центра будет больше, чем когда они в покое, и будет возрастать со скоростью корпускул.

Но во многих случаях вращение существенно для устойчивости конфигурации. Так, возьмем случай четырех корпускул. При быстром вращении они находятся в устойчивом равномерном движении, располагаясь по углам квадрата, плоскость которого перпендикулярна к оси вращения. Когда же скорость вращения корпускул падает ниже известной величины, то расположение четырех корпускул в одной плоскости становится неустойчивым, и корпускулы стремятся поместиться по углам правильного тетраэдра, который представляет устойчивое расположение, когда корпускулы находятся в покое. Систему четырех корпускул по углам квадрата можно сравнить с волчком, который подобно корпускулам устойчив лишь, когда его скорость вращения превосходит известную критическую величину. Предположим, что вначале скорость корпускул превосходит эту величину, но тем или иным способом корпускулы постепенно теряют свою кинетическую энергию; квадратное расположение сохранится, пока скорость корпускул не уменьшится до критической величины. Тогда расположение станет неустойчиво, и в системе произойдет сотрясение, сопровождаемое развитием большой кинетической энергии.

Полобные же рассуждения применяются ко многим группировкам корпускул. В таких случаях, когда корпускулы вращаются с большой скоростью (как в случае четырех корпускул), конфигурация будет существенно отлична от конфигурации того же числа корпускул, когда они в покое. Таким образом, должна быть критическая скорость корпускул, так что для скоростей больших, чем критическая, конфигурация устойчива; она неустойчива, когда скорость падает ниже критической величины. Когда наступает неустойчивость, то происходит известное содрогание или взрыв, сопровождаемый сильным уменьшением потенциальной энергии и соответ-

ственным увеличением кинетической энергии корпускул. Это возрастание кинетической энергии корпускул может быть достаточно для того, чтобы оторвать значительное число их от первоначальной системы.

Эти рассуждения имеют непосредственную связь с теорией строения атомов, принятой нами в этой главе. Именно они показывают, что в атомах особого рода, т. е. определенного атомного веса, корпускулярное охлаждение, вызываемое принятым нами медленным излучением движущихся корпускул, может по достижении известного предела вызвать внутри атома неустойчивость и такое увеличение кинетической энергии корпускул, что излучение сильно возрастет, и возможно отделение части атома. Атом станет выделять энергию, источник которой в потенциальной энергии, зависящей от расположения корпускул в атоме. При рассмотрении явлений радиоактивности мы увидим, что есть группа тел, которые обнаруживают явления, аналогичные только-что описанным.

Допустим, что сначала образуются более легкие элементы соединением пары единиц, отрицательный элемент которой образует корпускулы, а из соединения атомов более легких элементов происходят атомы более тяжелых элементов. Тогда мы должны ожидать, что корпускулы тяжелых атомов располагаются как бы в пучки, причем расположение корпускул в каждом пучке подобно расположению в атоме более легкого элемента. В более тяжелом атоме эти пучки будут играть роль вторичных единиц, так что каждый пучок соответствует одному из магнитов в модели, состоящей из плавающих магнитов, тогда как в самых пучках корпускулы аналогичны магнитам.

Теперь мы должны перейти к рассмотрению того, может ли атом, построенный предположенным нами способом, обладать некоторыми свойствами реального атома. Даст ли, например, эта модель атома объяснение электрохимических свойств реального атома, свойств в роде того, что химические элементы делятся на два класса, электроположительные и электроотрицательные. Почему, например, при таком составе атома, атом калия или натрия стремится приобрести положительное электричество, а атом хлора отрицательный заряд? Затем указывает ли что-нибудь в модели атома на присутствие такого свойства, как так называемая у химиков валентность, т. е. свойство, позволяющее нам делить элементы на группы и называть элементы одноатомными, двуатомными, трехатомными, так что молекула соединения двух элементов первой группы содержит то же число атомов каждого элемента, тогда как молекула соединения элемента А первой

группы с элементом В второй содержит вдвое более атомов А, чем В, и т. д.

Вернемся к свойствам модели атома. Она содержит очень большое число корпускул в быстром движении. Из явлений, связанных с проводимостью электричества через газы, мы знаем, что одна или несколько таких корпускул может быть отделена от атома. Они могут оторваться, благодаря их большой скорости, позволяющей им выйти из сферы притяжения атома. Они могут также оторваться, благодаря столкновению атома с другими быстро движущимися атомами или свободными корпускулами. Когда же корпускула оторвалась от атома, то последний будет заряжен положительно. Этим будет затруднено выделение второй отрицательно заряженной корпускулы, ибо, вследствие положительного заряда атома, он будет сильнее прежнего притягивать вторую корпускулу. Теперь нетрудно понять, что легкость, с которой частица может оторваться или быть выброшена из атома, может сильно изменяться в атомах разных элементов. В некоторых атомах скорости корпускул могут быть так велики, что корпускула сразу отрывается от атома. Может даже случиться, что после отделения одной притяжение оставшегося в атоме положительного электричества будет недостаточно, чтобы удержать вторую или даже третью корпускулу. Такие атомы получают положительные заряды одной, двух или трех единиц, смотря по тому, потеряли ли они одну, две или три корпускулы. С другой стороны, есть атомы, в которых скорости корпускул так малы, что лишь немногие или даже ни одна корпускула не отрывается сама собою. Атомы могут даже быть способны присоединять одну или даже более одной корпускулы прежде чем отталкивание, производимое отрицательным электричеством на эти чуждые корпускулы, заставит некоторые из первоначальных корпускул оторваться. Когда такие атомы вступают в область, где находятся корпускулы, то, благодаря соединению с этими корпускулами, атомы получают отрицательный заряд. Величина отрицательного заряда будет зависеть от силы, с которой атом удерживал свои корпускулы. Если бы отрицательный заряд одной корпускулы был недостаточен для вытеснения корпускулы, а отрицательный заряд двух корпускул был способен к этому, то максимальный отрицательный заряд атома был бы равен единице. Если бы две корпускулы были недостаточны для вытеснения корпускулы, а необходимы три, то максимальный отрицательный заряд был бы равен двум единицам и т. д.

Таким образом, атомы этого класса стремятся получить заряд

отрицательного электричества и соответствуют электроотрицательным химическим элементам, тогда как атомы класса, рассмотренного нами раньше и легко теряющие корпускулы, приобретают положительный заряд и соответствуют атомам электроположительных элементов. Мы можем представить себе атомы, в которых корпускулы так точно уравновешены, что, хотя они сами по себе не теряют корпускул и потому не получают положительного заряда, но отталкивание, вызываемое приближающейся к атому чуждой корпускулой, достаточно для того, чтобы вытеснить корпускулу. Такой атом не мог бы получить ни положительного ни отрицательного заряда.

Предположим, что известное число атомов, легко теряющих свои корпускулы, смешаны с известным числом атомов, не могущих удерживать чуждую корпускулу. Назовем атом первого класса А, атом второго класса В и предположим, что атомы А такого рода, что теряют одну корпускулу, тогда как атомы В такого рода, что могут удерживать одну, но не более одной корпускулы. Тогда корпускулы, выделяемые атомами А, пристанут, наконец, к атомам В, и, если число обоих родов атомов у нас равно, то наконец все атомы А будут заряжены единицей положительного электричества, а все атомы В единицей отрицательного электричества. Противоположно заряженные атомы будут притягивать друг друга, и возникнет соединение АВ. Если бы атомы А были такого рода, что теряли бы две корпускулы, а атомы В те же, что и прежде, то атомы А получили бы заряд двух положительных единиц, атомы В — заряд одной отрицательной единицы. Таким образом, для образования нейтральной системы два атома должны соединиться с одним атомом А, и возникло бы соединение АВ₂.

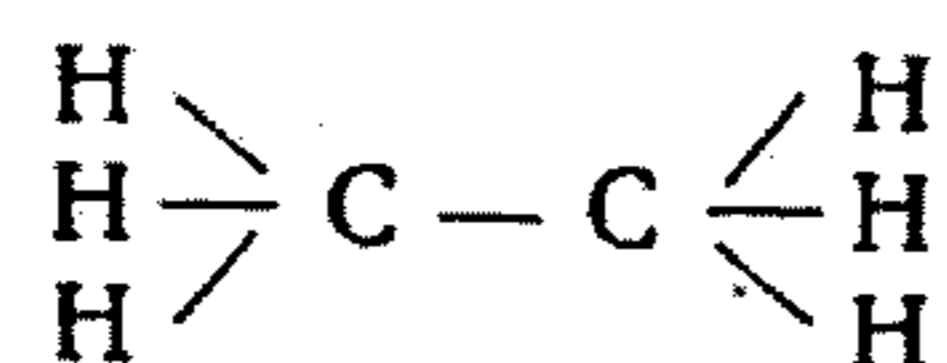
Таким образом, с этой точки зрения одновалентный положительный атом имеет свойство при условиях, когда он соединяется с другим атомом, терять одну только корпускулу, прежде чем достигнет устойчивости. Одновалентный электроотрицательный атом может присоединять одну только корпускулу, не вытесняя других корпускул из атома. Двувалентный электроположительный атом теряет две корпускулы, но не более и т. д. Таким образом, валентность атома зависит от легкости, с которой корпускулы могут отрываться или приставать к атому. На нее могут влиять обстоятельства, при которых происходит соединение атомов. Так, для корпускулы, оторвавшейся от атома, легче противостоять притяжению положительного заряда, если атом окружен хорошими проводниками, чем, если он изолирован в пространстве. Поэтому понятно, каким образом на

валентность атома в некоторой степени могут влиять физические условия, при которых происходит соединение.

Допуская, что притяжение между атомами в химическом соединении электрического происхождения, мы можем сказать, что способность элемента вступать в химическое соединение зависит от того, способен ли его атом получать электрический заряд. С изложенной точки зрения это предполагает, что или незаряженный атом неустойчив и должен потерять одну или более корпускул прежде, чем он достигнет устойчивости, или же он так устойчив, что может удержать одну или более добавочных корпускул, не вытесняя ни одной первоначальной корпускулы. Если степень устойчивости такова, что атом, хотя устойчивый в незаряженном состоянии, становится неустойчив, присоединяя добавочную корпускулу, то атом не способен получить ни положительного ни отрицательного заряда и потому не может войти в химическое соединение. Такой атом будет иметь свойства таких элементов, как аргон или гелий.

Взгляд, что силы, связывающие атомы в молекулы химических соединений, электрического происхождения, был впервые высказан Берцелиусом; это было также мнением Дэви и Фарадея. Гельмгольц также признавал, что химические силы электрического происхождения. Вообще же, химики, повидимому, мало пользовались этой идеей, находя представление о „единицах сродства“ более плодотворным. Но учение о единицах сродства в известном отношении почти тождественно с электрической теорией. Теория единиц, представленная графически, предполагает, что от каждого одновалентного атома выходит прямая линия (символ сродства); двувалентный атом находится на конце двух таких линий, трехвалентный — на конце трех и т. д. Если представить химическое соединение такой графической формулой, то каждый атом должен быть на конце соответственного числа линий, представляющих сродство. Но по электрической теории химических соединений одновалентный атом имеет одну единицу заряда, если мы примем за единицу заряд корпускулы. Таким образом, атом есть начало или конец одной фарадеевой трубки: начало, если заряд атома положителен, конец, если заряд отрицателен. Двувалентный атом имеет две единицы заряда и потому представляет начало или конец двух фарадеевых трубок. Итак, если мы определим „сродство“ химиков, как признак наличия единичной фарадеевой трубки, связывающей заряженные атомы в молекулу, то структурные формулы химиков могут без труда быть переведены на электрическую теорию. Но

здесь есть некоторое различие, которое заслуживает более близкого рассмотрения: символ, обозначающий сродство в химической теории, не предполагает направления. По этой теории не делается различия между концами линии сродства. По электрической же теории есть разница между концами, так как один конец соответствует положительному заряду, а другой — отрицательному. Один или два примера лучше всего объяснят результат этого различия. Возьмем газ этан, структурная формула которого пишется так:



По химической теории нет разницы между двумя атомами угля в этом соединении; но по электрической теории здесь есть различие. Ибо допустим, что все атомы водорода заряжены отрицательно; тогда три фарадеевы трубки, идущие от атомов водорода к каждому атому углерода, дают положительный заряд в три единицы на каждом атоме углерода. Но в дополнение к фарадеевым трубкам, идущим от атомов водорода, здесь имеется трубка, идущая от одного атома углерода к другому. Это обозначает добавочный положительный заряд на одном атоме угля и отрицательный заряд на другом. Таким образом, один из атомов углерода будет иметь заряд в четыре положительные единицы, а другой будет иметь заряд в три положительные и одну отрицательную единицы, т. е. в две положительные единицы, так что с этой точки зрения два атома углерода находятся не в одинаковом положении. Еще большее различие должно быть между атомами, когда мы имеем то, что называется двойной связью, т. е. когда атомы углерода связаны двумя единицами сродства, как в соединении



Здесь, если бы один атом углерода имел заряд в четыре положительные единицы, то другой имел бы заряд в две положительные и две отрицательные единицы.

Мы могли бы ожидать, что откроем такие различия при исследовании того, что известно под именем аддитивных свойств, т. е. свойств, которые могут быть вычислены, когда известен химический состав молекулы. Пусть, например, А, В, С будут атомы трех химических элементов; тогда, если p есть величина некоторой физической постоянной для молекулы A_2 , q — величина для B_2 и r для

C_2 , и эта постоянная подчиняется аддитивному закону, — величина эта для молекулы вещества, химический состав которого выражается формулой $A_xB_yC_z$, будет

$$\frac{1}{2} px + \frac{1}{2} qy + \frac{1}{2} rz.$$

Существование таких отношений можно ожидать лишь, когда атомы, которые встречаются в различных соединениях, соответствующих разным величинам x , y , z , те же самые. Если атом А встречается в различных состояниях в разных соединениях, то для этих соединений надо пользоваться различными величинами p .

Хорошо известный пример аддитивных свойств представляет преломляющая способность разных веществ по отношению к свету, и в этом случае химики находят нужным пользоваться различными величинами преломления через атом углерода, смотря по тому, имеет ли атом одну или две связи. Но они пользуются той же величиной для преломления атома углерода, когда он имеет одну связь с другим атомом или, как в соединении CH_4 , он вовсе не связан с другим атомом углерода.

Можно, правда, представить себе, что в соединении один атом заряжен положительно, а другой отрицательно, когда атомы разного рода. Но этого трудно достигнуть, когда атомы одного рода, как в молекулах элементарных газов H_2 , O_2 , N_2 и т. д. В этом отношении надо заметить, что электрическое состояние атома, зависящее от его способности выделять или присоединять корпускулы, может в широких размерах обуславливаться обстоятельствами, внешними для атома. Так, например, атом газа, окруженный быстро движущимися атомами или корпускулами, которые постоянно сталкиваются с ним, будет, благодаря этим столкновениям, терять корпускулы и таким образом приобретет положительный заряд. С другой стороны, можно ожидать, что при равенстве прочих условий атом, находящийся в газе, будет менее способен терять корпускулу, чем если он находится в твердом или жидком теле. Ибо, когда корпускула в газе покинула атом, то она не может противопоставить притяжению положительно заряженного атома ничего, кроме собственной скорости, так как другие атомы слишком удалены для того, чтобы оказывать какое-либо действие на нее. Когда же атом находится в жидком или твердом теле, то притяжения других атомов, окружающих этот атом, могут удержать корпускулу, покинувшую свой атом, от падения обратно в атом. Как пример такого действия,

можно взять ртуть в жидком или газообразном состоянии. В жидком состоянии ртуть — хороший проводник электричества. Один способ представления этой проводимости состоит в предположении, что корпускулы оставляют атомы ртути и странствуют по промежуткам между атомами. Если на эти заряженные корпускулы действует электрическая сила, то они приходят в движение и образуют электрический ток, при чем проводимость жидкой ртути указывает на присутствие большого числа корпускул. Когда же ртуть в газообразном состоянии, то ее электропроводность, как доказал Стрэтт, представляет чрезвычайно малую долю проводимости, свойственной тому же числу жидких молекул. Это указывает на то, что даже атомы электроположительного вещества, подобно ртути в газообразном состоянии, могут терять сравнительно мало корпускул. Теперь предположим, что у нас большое число атомов одного рода в газообразном состоянии, движущихся по всем направлениям и приходящих во взаимное столкновение. Те, которые движутся быстрее и потому сталкиваются сильнее, будут легче терять корпускулы, чем движущиеся медленнее. Первые, благодаря потере своих корпускул, становятся положительно заряжены, и, если атомы не слишком электроположительны, чтобы удерживать отрицательный заряд даже в газообразном состоянии, то выделенные корпускулы стремятся пристать к атомам, движущимся медленнее.

Таким образом, некоторые из атомов, будут заряжены положительно, другие отрицательно, и атомы с противоположными зарядами соединятся в двухатомные молекулы. Это не применимо к весьма электроположительным газам. Они не образуют молекул; но, так как в газе много свободных корпускул, то можно ожидать, что он обладает значительной электропроводностью.

ГЛАВА VI.

РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ¹⁾

В 1896 году Беккерель (Becquerel) открыл, что уран и его соли обладают способностью выделять лучи, которые, подобно лучам Рентгена и катодным лучам, действуют на фотографическую пластинку и делают газ, через который они проходят, проводником электричества.

В 1898 г. Шмидт (Schmidt) открыл, что торий обладает подобными же свойствами. Эта способность выделять лучи называется радиоактивностью, а вещества, обладающие этой способностью, называются радиоактивными.

Это свойство урана подало повод к тщательному исследованию большого числа минералов, содержащих это вещество, и г. и г-жа Кюри (Curie) нашли, что некоторые из них и особенно некоторые виды смоляной обманки более радиоактивны, чем равные объемы чистого урана, хотя только часть этих минералов состояла из урана. Это указывало на то, что эти минералы содержат вещество или вещества гораздо более радиоактивные, чем самый уран, и начато было систематическое исследование с целью изолирования этих веществ. После долгих исследований, которые г. и г-жа Кюри вели с удивительным искусством и настойчивостью в сотрудничестве гг. Бэмона (Bémont) и Дебиерна (Debiern), им удалось установить существование трех новых радиоактивных веществ в смоляной обманке: радий, связанный в минерале с барием и весьма похожий на него по своим химическим свойствам полоний, связанный с висмутом, и актиний, с торием. Им удалось изолировать первый из них и определить атомный вес, оказавшийся равным 225. Спектр его был открыт и исследован Демарсе (Demarçay). Полоний и актиний до сих пор еще не изолированы, и спектры их

¹⁾ Эта глава была написана в то время, когда учение о радиоактивных процессах только начинало развиваться, так что она имеет теперь только исторический интерес.