АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ

СОЧИНЕНИЯ

Т. I

под общей редакцией акад. В. Е. Тищенко

Куратор тома проф. А. И. Горбов

1937

ОНТИ — ХИМТЕОРЕТ

ЛЕНИНГРАД

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР
Непременный секретарь Академии акад. *Н. П. Горбунов*

КАНДИДАТСКАЯ И МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к составу	7
Удельные объемы	139
Положения, избранные для защищения на степень магистра химии	313
О связи некоторых физических свойств тел с их химическими реакциями . . .	325

ИЗОМОРФИЗМЪ

ВЪ СВЯЗИ

СЪ ДРУГИМИ ОТНОШЕНІЯМИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

КЪ СОСТАВУ.

ДИССЕРТАЦІЯ,

ПРЕДСТАВЛЕННАЯ ПРИ ОКОНЧАНІИ КУРСА ВЪ ГЛАВНОМЪ ПЕДАГОГИЧЕСКОМЪ ИНСТИТУТѢ СТУДЕНТОМЪ

Д. Менделѣевымъ.

С. ПЕТЕРБУРГЪ.

ВЪ ТИПОГРАФІИ Н. П. ГЛАЗУНОВА И КОМП.

1856

СОДЕРЖАНИЕ

Отдел I. **Краткая история понятий об отношении кристаллических форм и химического состава, § 1—10.** Стр.

§ 1. Предварительное замечание 15
§ 2. Мнение Линнея 15
§ 3. Первая система Аюи. Понятие о строении тел, мнение об арагоните 16
§ 4. Первые наблюдения над сходными формами. Второе мнение Аюи об арагоните. Опыт Гей-Люссака 17
§ 5. Теория Бедана о сходстве форм от *вовлечения*. Замечание Волластона. Опыты Бедана для определения условий кристаллизации 18
§ 6. Первые начала понятий о возможности замещения одной составной части другою без изменения формы. Опыт Гелена и исследование Фукса 20
§ 7—9. Первые работы Митчерлиха как основание понятий наших об *изоморфизме*. Открытие диморфизма. Применение изоморфизма к объяснению состава кристаллических смесей и особенно минералов. Теория Берцелиуса о строении минералов и первые точные исследования о составе пироксенов (Генр. Розе), амфиболов (Бонздорфа), гранатов (Вахтмейстера) 21
§ 10—11. Вторая система Аюи и утверждение понятий об изоморфизме 24

Отдел II. **Настоящее состояние сведений об изоморфизме. Сходство форм при одинаковости числа атомов и их расположение, т. е. изоморфизм, как его понимал Митчерлих, § 12—26.**

§ 12. Четыре случая отношения кристаллической формы и элементарного состава 26
§ 13. Изомерия 26
§ 14—15. Изоморфизм. Понятие о сходстве кристаллических форм. Понятие о гомеоморфизме или сходстве форм без сходства состава. Отношение изоморфизма к гомеоморфизму 27
§ 16—19. Митчерлиха законы изоморфизма *двух* соединений: 1) закон о числе атомов, 2) закон о форме их, 3) закон изоморфизма составляющих и 4) закон диморфности 28
§ 20—22. Об изоморфных *смесях*. Способ их изображения. Исследования Раммельсберга об изоморфных *смесях* сернокислых солей и о зависимости кристаллической смеси от одной из составных частей. Важность изучения кристаллически-изоморфных смесей. Предельные составы смесей 29
§ 23—24. Примеры изоморфных тел правильной, квадратной, гексагональной, ромбической, моно- и три-клиноэдрических систем. Подтверждение законов Митчерлиха 33
§ 25—26. Изоморфизм составляющих. Грема * система изоморфных простых тел. Изоморфные окислы 37

* [Graham. *Прим. ред.*].

Стр.

Отдел III. **Отношение между удельным объемом и изоморфизмом и точнейшее определение его, § 27—38.**

§ 27—28. Понятие об удельном объеме. Удельные объемы газов и твердых тел 39
§ 29. Коппов закон равенства удельных объемов изоморфных тел, таблица I 40
§ 30. Ограничение этого закона и причина того. Разность объемов. Пропорциональность разности объемов мере углов; потому возможность определения близости изоморфных тел. Разность объемов диморфных тел. Так как она всегда очень незначительна, то различие форм при одинаковости рационального состава не есть следствие диморфизма, а какого-то более существенного изменения. В чем состоят эти изменения, по мнению Коппа . . 44
§ 31—32. Новое, более точное понятие об изоморфизме. Отношение его к числу атомов 48
§ 33—37. Восемь возможных случаев отношения между кристаллической формой, рациональным составом и удельным объемом. Сходство форм при изотомии, изоморфизме и гомеоморфизме (таблица III). Различие форм (анизоморфизм) при гетероморфизме и анизотомии 49
§ 38. Необъяснимость гомеоморфизма по всем предшествовавшим исследованиям 51

Отдел IV. **Теории, объясняющие гомеоморфизм, т. е. сходство форм там, где, по нашему мнению, нет сходства числа или расположения атомов. Расширение области изоморфизма в отношении к составу, § 39—80.**

§ 39—40. Изоморфизм двух паев S с одним паем As. Объяснение Берцелиуса. Действие пая мышьяка на 2 пая серы; объемный пай мышьяка 58
§ 41—42. Изоморфность CuS(Cu²S) с AgS. * Деление паев серебра, хлора и других простых тел 59
§ 43. Сходность форм селитры с формами углекислой извести. Удвоение пая последней и невозможность изъяснения изоморфизма многих тел, принимая делимость пая Ca, Ba, Na и друг. 60
§ 44. Мнение Персо о важности объемного строения тел для изъяснения изоморфизма 61
§ 45. Учение Жерара о строении солей на подобие воды $\overset{H}{\underset{H}{}}$O. Возможность изоморфизма всех солей 62
§ 46. Примеры изоморфности одного пая тела двум или более паям другого тела. Изъяснение этого по атомистической теории. Предыдущие явления служат началом теории *полимерного* изоморфизма Шерера 63
§ 47—49. Сходство форм аспазидолита и кордиерита, как первый повод для теории Шерера. Литература полимерного изоморфизма. Возражения Наумана, Гайдингера и друг.; опровержение Шерера 64
§ 50—51. Закон полимерного изоморфизма. Полимерный изоморфизм $3\dot{\dddot{H}}$ с $\dot{M}g$ и $\dot{R}$ и $3\dot{\dddot{A}}l$ с $2\dddot{S}i$ как один из частных примеров полимерии 69

* [Ag^2S — по современному обозначению] *Прим. ред.*

Стр.

§ 52. Примеры неизменности форм при замещении $\dot{R}$ тремя паями $\dot{H}$: 1) Оливин и змеевик. Состав различных змеевиков по формуле Раммельсберга и Шерера. 2) Авгиты водные и безводные. 3) Амфиболы. 4) Вивианит и кобальтовые цветы. 5) Пикросмин и монродит. 6) Фалунит, пираргиллит и эсмаркит . . . 69

§ 53—54. Изоморфизм $3\dot{A}\dot{l}$ с $\ddot{S}i$, открытый Бонсдорфом, виден при сличении состава авгитов и друг. минералов . . . . . .

§ 55—61. Различные примеры тел, где, по мнению Шерера, происходит полимерный изоморфизм обоих видов ($\dot{R}$) и [$\ddot{S}i$]), Особенно замечателен ряд амфиболитовых и авгитовых тальков из отдела силикатов $(\dot{R})^n[\ddot{S}i]^m$. Алюминато-силикаты и двойные силикаты 77

§ 62—69. Изоморфизм *n* паев *m* паям того же соединения доказывается из рассматривания: 1) различных авгитов и амфиболов; 2) из примеров гетеромерного изоморфизма (Германа), который есть частный случай полимерии; 3) из разносоставности кианитов, ставролитов и андалузитов, из рассматривания состава слюдородных; 4) из рассмотрения состава различных слюдоподобных, по мнению Германа; 5) из состава турмалинов, по анализам Раммельсберга; 6) из различного состава скаполитов и ортитов; 7) из сходства форм многих тел, содержащих и не содержащих воду; 8) из разнообразия состава квасцов и друг. тел 89

§ 70. Законы полимерии и ее наименования 96

§ 71—73. Удельные объемы полимерно-изоморфных тел. Уравнение вида формул при сравнении удельных объемов 97

§ 74—78. Мысли Лорана о строении тел, особенно окислов. Так как состав всех окислов выражается R^2O, то все они могут придавать соединениям одинаковую форму и беспредельно замещать друг друга. На основании этого, для определения состава всего важнее знать отношение между количеством кислорода в основаниях и в кислоте. Формулы Лорана для нескольких минералов: SiO^2R^2, $Si^3O^4R^2$, $Si^3O^5R^4$, $Si^2O^3R^2$, $Si^4O^7R^6$, $Si^5O^9R^6$ 99

§ 79—80. Мнение Дана об изоморфности $3\dot{R}$ с $\ddot{R}$ сходно с мнением Лорана 104

Отдел V. **Расширение области изоморфизма по отношению к формам; мнение Лорана об отношении тел по формам § 81—93.**

§ 81. Мера углов и осей определяет близости форм тел, несмотря на различие системы 105

§ 82—83. Доказательство этого состоит в том наведении, что часто тела одного и того же вида несколько меняют меру своих углов (горький шпат, апатиты) при изменении изоморфов, но при этом удерживают свою форму и комбинацию; потому можно допустить предположение, что при более существенном изменении состава (полимерии и т. п.) изменяется не только одна мера, но и отношение и наклонение осей, т. е. меняется и система 105

§ 84. Доказательство 2-е состоит в различии систем мезотипов, очень сходных по своим физическим свойствам и по мере углов своих форм 106

§ 85, 90. 3-е доказательство составляет близость форм диморфных тел 108

§ 86—89. Ряд виннокаменнокислых солей, [хлорозамещенных] продуктов нафталина, минералов и органических соединений, может служить подтверждением теории Лорана 108

Стр.

§ 91—93. Разделение тел, имеющих какое-либо отношение друг к другу по форме углов. Изоморфизм, параморфизм и гемиморфизм, по идеям Лорана 110

Отдел VI. **Обзор настоящих сведений об отношении форм к составу. § 94—120.**

§ 94—97. Номенклатура 111
§ 98. I. Абсолютное сходство форм 112
§ 99—107. II. Изоморфизм a) тел одинаковосоставленных, b) изомерных, c) сходственносоставленных соединений, d) изоморфизм при полимерии состава и e) при разности состава. Может быть форма зависит более от объемов, чем от состава? Важность некоторых составных частей для определения формы. Удельные объемы гомеоморфных тел пропорциональны числу паев. Восстановленные объемы, по исследованиям Дана. Часто можно видеть сходство в составе гомеоморфных тел, так что многие из них могут быть отнесены к полимерным или сходственносоставленным соединениям. 113
§ 108—115. III. Параморфизм. a) Диморфизм. Близость форм диморфных тел, по мнению Пастера. Атомное строение их. Примеры. Изодиморфизм b) изомерных, c) сходственносоставленных. Параморфизм всех соединений, по формулам Лорана R^2O и R^2S. d) Полимерный параморфизм и e) параморфизм разносоставленных тел 125
§ 116—118. IV. Гемиморфизм есть неполное или частное сходство форм и происходит a) при одинаковости, b) изомерности, c) сходственности и d) особенно при полимерности состава. e) Гемиморфизм разносоставленных соединений 133
§ 119. V. Абсолютное различие форм 137

Кроме сочинений и руководств, указанных в примечании в конце 23 параграфа,* главнейшим пособием служили следующие журналы:

Pogg. Ann., т. е. Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben zu Berlin von J. C. Poggendorff. Leipzig, от I Band 1824 до XCIII 1853.

Annd. d. Chim. et d. Phys. т. е. Annales de Chimie et de Physique, Paris, I.—LXXII 1816—1839 par M. M. Gay-Lussac et Arago, LXXIII—LXXV, 1840 par M. M. Gay-Lussac, Arago, Chevreul, Dumas etc. и Troisième série (3 série) I—XLIII, 1841—1855, par Chevreul, Dumas, Pelouze, Boussingault, Regnault et de Senarmont.

J. f. p. Ch. т. е. Journal für praktische Chemie von Otto Linné Erdmann (сначала вместе с Schweigger-Seidel), потом с Marchand и многими другими), с 1843 до 1855, I—LXIV, Leipzig.

L' Inst. т. е. L'Institut, Journal des Académies et societés scientifiques de la France et de l'Etranger, Paris 1833.

Liebig's Ann. d. Ch. u. Phar., т. е. Annalen der Chemie und Pharmacie von Liebig und Wöhler, Heidelberg, с 1832, I—XC.

Berzel. Jahresb., т. е. Jahresbericht für Fortschritte der physischen Wissenschaften, после — der Chemie und Mineralogie, перевод Гмелина, Велера, с 1822 до 1848, I—XXVII, Thübingen.

---

* [Ср. стр. 36. *Прим. ред.*

§ 1. Законы минералогии, как и других естественных наук, относятся к трем категориям, определяющим предметы видимого мира: к форме, содержанию и свойствам. Законы форм подчиняются кристаллографии; законы свойств и содержания управляются законами физики и химии. Хотя каждая из этих наук достигла многого по отношению к ископаемому царству, однако несомненно, что только слияние выводов из всех трех наук может дать истинное ясное понятие как о сущности всего царства, так об отдельных группах и о самых неделимых. Законы, связующие форму и содержание, т. е. кристаллический вид и химический состав, самые обильные последствиями для науки. Причина, заставляющая принимать тела определенную геометрическую форму, нам неизвестна, да и едва ли постижима, потому должно искать средства согласить состав и форму по внешним, доступным для нас явлениям. Согласить форму и состав весьма легко, если бы мы знали законы внутреннего устройства тел. Потому то видим, что соотношения [2] * между содержанием и формою, во все времена, подавали повод к заключению о внутреннем строении тел.

§ 2. Нам бы пришлось может быть потревожить вымерших за тысячелетия древних философов, если бы захотели выследить начало мысли: согласить содержание или внутреннюю сторону предметов с их внешним выражением. Оставляя это, начнем прямо с тех попыток, какие были сделаны, основываясь на сведениях о кристаллической форме. Начало их совпадает почти с началом нашего века. Впрочем нам не раз придется встречаться с мыслями, зародившимися еще в голове древних мудрецов — с мыслью об атомном строении тела. Гипотеза эта, обязанная возобновлением своим старанию найти объяснение законов химии, не приобрела и поныне хотя части той осязаемой наглядности, той опытной достоверности, до какой достигла, например, гипотеза волнения, не говоря о теории Коперника, которую уже нельзя назвать гипотезой.

Знаменитый Линней, первый из естествоиспытателей, обративший внимание на значение кристаллической формы, полагал, что только растворимым солям свойственна кристаллическая форма и потому окристаллованные камни, по понятию его, заимствуют свою форму от солей, например октаэдрическая форма алмаза происходит от формы квас[З]цов, почему алмаз и называется в его системе Alumen adamas L.[1] Вся система Линнея основана на стремлении согласить кристал-

---

* [Цифры в прямых скобках [ ] указывают страницы оригинала]. *Прим. ред.*

[1] Linnaei Ammoenit Acad. I, 466 etc. Systema; Haüy, Traité de Minéralogie, 1801 T. I.

лическую форму с прочими свойствами минералов; стремление в полном смысле рациональное и только по скудости материалов тогдашнего времени невыполнимое, а потому приведшее знаменитого натуралиста к ложным построениям.

§ 3. Изучение кристаллических форм как и первое, на опыте основанное, соглашение их с химическим составом, во всяком случае, принадлежит известному основателю кристаллографии Аюи, * авторитет которого в течение полвека был первостепенным. Яснее всего выражены мысли Аюи в его минералогии (Traité de Minéralogie par le C^{-en} Наüy, 1801 г.; 4 тома). Принятые им начала кристаллографии и химического состава ясно высказываются на первых страницах, в способе образования тел, которые представляют соединение из molécules élémentaires, molécules intégrantes, т. е. частиц, образующих своим совокуплением и положением кристаллическую форму (т. I, стр. 6). Зависимость внешней формы от состава прямо следует из условия, что «Les molécules élémentaires ont, sans doute, des formes regulières et constantes pour chaque espéce d'acide, d'al[4]kali etc».[1] Правильно истекая из начала иновидности элементарных атомов каждого тела, Аюи во всем своем творении высказывает мысль, что каждое различие состава обусловливает различие формы. Условие вида по его системе есть особенность химического состава и разница его строения.[2] Развивая свою систему далее, он прямо говорит, что с различием вида изменяется и форма частиц, образующих кристаллическую форму «. . . chaque forme de molécule intégrante varie dans ses dimensions ou dans les mesures de ses angles suivant quelle appartient à une espèce ou à une autre» (т. I, стр. 32).[3] Ясно, что с различием состава должна изменяться и кристаллическая форма, поэтому что каждому виду свойственен особый химический состав. Изъятие возможно только для тел, имеющих предельные формы, как например куб, октаэдр, ромбический додекаэдр. Так хлористый натрий, фтористый кальций, двусернистое железо, сернистый свинец и др. являются в форме кубов, квасцы и алмаз в форме октаэдров и т. д. Здесь [5] формы сходны только потому, что они подошли к пределу изменчивости форм.[4] Из сказанного выше уже ясны начала и обратного положения, т. е. тождества форм при тождестве состава. Хотя Аюи не высказывает этого ясно, потому вероятно, что считает очевидностью, однако при всяком удобном случае поступает, подразумевая таковой закон. Например, он упоминает об арагоните вместе с другими минералами в конце IV тома, в отделе: «substances dont la nature n'est pas encore assez connue pour permettre

---

* [Французское Наüy, передававшееся Менделеевым «Гаю», теперь пишется Аюи (см. 9-ое последнее издание: Д. Менделеев «Основы Химии» т. 1, стр. 214. Госиздат 1927 г.). *Прим. ред.*].

[1] Элементарные частицы каждой кислоты, щелочи и т. п. без сомнения имеют правильную и постоянную форму.

[2] Во втором издании он изменяет основу своей системы.

[3] Смотря по тому, к какому (минеральному) виду принадлежит неделимая частица, она изменяется или в величине или в мере своих углов.

[4] Приведены выражения подлинника.

de leur assigner des places dans la méthode» (стр. 333). [1] Открытый Вернером минерал этот, из Валенсии и Аррагонии, по своему составу был долго загадкой для тогдашних ученых. Борн говорил, что аррагонит содержит фосфорнокислое соединение, потому что он фосфоричен, а по фиолетовому цвету, обыкновенно свойственному аррагониту, он подозревал в нем присутствие фтора (Born, Catal. т. I, стр. 320). Анализы Клапрота (Klaproth) показали совершенное тождество аррагонита с известковым шпатом (Catalogue méthodique, т. I, стр. 320). Вокелен (Vauquelin) подтвердил это (Annales du Muséum d'hist. natur. т. IV, стр. 405). Кирван (Kirvan, Elements of mineralogy, т. I, стр. 88) до [6] казывал присутствие стронция в аррагоните многих местностей. Наконец сравнительные анализы Тенара (Thénard) показали, что количества кислоты и основания те же в известковом шпате, как и в аррагоните. Аюи, не доверявший даже опытам Тенара, которого сам называет знаменитым химиком (célèbre chimiste citoyen Thénard, т. IV, стр. 347), Аюи, увлеченный своею теориею, не хотел признать химического тождества двух названных минералов. Он думал, что небольшое количество кристаллизационной воды или что-либо другое заставило углекислую известь явиться, вместо ромбоэдра в 104°, призмою с ромбическим основанием в 116°, переменить относительный вес и некоторые другие признаки; а иначе, говорит он: «это явление не имеет причины и отвергается здравым рассудком». (. . . . est un effet sans cause, ce que la saine raison désavoue, т. IV, стр. 348.). Небольшой шаг оставалось сделать ученому минералогу, но этот шаг был бы мало согласен с тогдашним временем, когда все было подчинено чисто материальному воззрению и потому явление оставалось пока темным. [2] Закон Аюи [7] был впрочем недостаточным и для некоторых других явлений, известных уже за несколько лет до него.

§ 4. Вернер (Werner) уже наблюдал сходство форм апатита и зеленой свинцовой руды. Леблан (Leblanc) в 1787 году заметил, что смесь железного и медного купоросов кристаллизуется в одинаковой почти форме при весьма различном относительном содержании той и другой соли. Он произвел впоследствии много опытов над кристаллизацией смешанных солей и знал уже, что значительная примесь железной окиси не нарушает кристаллической формы обыкновенных

[1] Вещества еще мало известные для того, чтобы можно было поместить их в систему.

[2] Новейшие изыскания подтверждают показание Кирвана, что в аррагоните есть стронций, хотя не всегда. Так, например, Нентвих (Nentwich) доказал присутствие стронция в аррагоните из нескольких местностей Венгрии (Repertorium des chem. Theils der Miner. Rammelsberg VII, 1847, стр. 18) и различие относительного веса аррагонитов по различию содержания стронция. В одном до 0,99 SrC и удельн. вес 2,93, а в другом до 0,60 процента SrC и удельн. вес 2,86). Штирн (Stiern) (то же издание V, 54) нашел в гессенском аррагоните из Папенберга до 2,22 процентов углекислой окиси стронция. Конечно, эти явления не должны нас удивлять: здесь мы видим один из случаев изоморфизма, но он тем замечательнее, что в известковом шпате вовсе нет стронция; может быть присутствие стронция и заставляет отчасти углекислую известь принимать форму аррагонита, как бы склоняет к своей собственной форме.

глиноземных квасцов. [1] Воке[8]лен наблюдал в 1797 году неизменяемость формы квасцов при изменчивости содержания аммиака.

Взгляд Аюи уже при самом начале возбудил несколько противоречий, особенно со стороны Бертолле. Этот ученый в своей Statique Chimique (1803) полагает, что тела различного состава могут принимать одну и ту же форму при известных обстоятельствах. Несколько позже, в 1806 г., Бертье (Berthier), а еще более Волластон (Wollaston) показали сходство, даже почти тождество кристаллических форм известкового, железного и горького шпатов (Schweigg. Journ. 24, 102). Впоследствии Аюи, не отказываясь от своего взгляда и от своих положений, признал тождество химического состава аррагонита и известкового шпата. Точные опыты Био (Biot) и Тенара (Nouveau Bulletin de la société Philomatique, т. I, стр. 32) убедили его в том. В своей брошюре (Sur l'Arragonite) [2] Аюи допускает возможность разности кристаллической формы при *одинаковости химического состава* (что ныне называется изомериею), но отвергает воз[9]можность двойственности формы *одного* и *того же* тела (диморфизм). Он прямо говорит: «On ne conçoit pas, que des éléments qui seraient les mêmes quant à leurs qualités, à leurs quantités respectives et à leur mode d'agrégation pussent donner naissance à des molecules intégrantes de deux formes différentes. Cette diversité ne peut être que l'effet d'une cause qui a influé d'une manière quelconque sur la composition». [3] Как эта выписка, так и дух всех творений Аюи и подтверждение Шевреля (Chevreul) (An. de Ch. et de Phys. XXIII (3), 268 в примечании) ясно показывают, что Аюи допускает разность химического строения в известковом шпате и аррагоните. Такое положение еще более затемнило дело и вместе с постоянно открывающимися явлениями заставляло изменить понятие о согласовании формы и состава. В 1816 году Гей-Люссак произвел весьма замечательный опыт с квасцами: калистые квасцы ($\dot{K}\ddot{S} + \ddot{A}l\,\ddot{S}^3 + 24\dot{H}$), погруженные в раствор аммиачных ($\dot{N}\dot{H}^4\ddot{S} + \ddot{A}l\ddot{S}^3 + 24\dot{H}$), продолжают увеличиваться в величине, не изменяясь в форме. Этот опыт, вероятно, привел бы Гей-Люссака к точным и важным изысканиям, если бы он не был отвлечен другими занятиями.

[10]§ 5. Объяснить явления, противоречившие законам Аюи, в первый раз постарался Бёдан (Beudant) в записке, читанной 17 февраля

---

[1] H. Kopp, Geschichte der Chemie, Bd. II, Journal de Physique XXXI, 96; Scherer, Isomorphismus. Handwörterbuch Liebig, Pogg und Wöhler IV. 150.

[2] На этой монографии не означено времени ее издания, но экземпляр, хранящийся в библиотеке Ecole Normale, носит следующую надпись: A messieurs les Elèves de l'Ecole Normale témoignage de l'estime de l'auteur, 22 Décembre 1812. Haüy. Это показывает, что брошюра издана в 1812 году. Annales de Ch. et de Phys. (3) XXIII, 267.

[3] Невероятно, чтобы частицы элементарные одинакового качества и количества и точно так же расположенные могли образовать неделимые частицы двух различных форм. Эта разность зависит, вероятно, от причины, оказывающей влияние на состав.

1817 г. в Королевской Академии Наук. [1] Основное положение его записки есть то, что каждому минералу соответствует особый состав и каждому составу особая кристаллическая форма. Оба эти начала, как взятые вместе, так и в отдельности, обусловливают минеральный вид (species). Если встречаются два тела равной формы, то и состав, определивший форму, должен быть тот же самый; но смотря по своей силе кристаллизации, он может увлечь с собой большее или меньшее количество примесей. Так кристаллическая сила железного купороса столь велика, что незначительное количество его обусловливает форму смеси его с цинковым или медным, или цинковомедным купоросом. Подобная смесь медного и железного купороса, принимая форму последнего, содержит медную соль не как химическую часть общего целого, но как примесь, вошедшую в состав случайно, в него завлеченную. Здесь смесь, а[11]не соединение, потому, продолжает Бёдан, что нет стехиометрического отношения, а оно произвольно. [2] Явление примесей в огромном виде имело место при образовании минералов, потому то часто находим в них составные части, не подходящие под формулу, содержащиеся не в стехиометрическом отношении. Вот причина, заключает Бёдан, почему для определения сущности минерала недостаточно знать его элементарный состав, — нужно знать вещество, даровавшее ему свой вид и форму, должно отбросить примеси. Так как мы можем знать это только в редких случаях, то кристаллическая форма остается почти единственным руководством познавать отдельные минералы. Гипотеза Бёдана бесспорно есть одно из смелых и блестящих предположений, увлекающая сила которых заставляет на первый раз невольно им верить. И не удивительно, что она нашла отголосок и даже находит его иногда и теперь, хотя не в столь большом размере, в каком признавали эту гипотезу *вовлечения* (как назовем ее) лет за тридцать тому назад.

Волластон, в современной этой эпохе статье в [12] Annals of philosophy (XI, 283), соглашается с мнением Бёдана, хотя возражает против некоторых его частных положений. Волластон, как и Бёдан, прямо говорит (стр. 397), что сходство форм при различии состава есть следствие зависимости формы не от всех составных веществ, но только от одного вещества, однородного в обеих тождественных формах. Как разительный пример видимого механического вовлечения, он представляет известные фонтенеблосские кристаллы. В них, углекислая известь, при своем стягивании, вовлекла весьма значительное количество $\left(\text{до } \frac{4}{5}\right)$ кварца, нисколько не изменивши своей ромбоэдрической формы. Это сближение показывает ту беглость, с какою

[1] Annales de Chim. et de Phys. IV, 72. Впоследствии, в 1829 году, в Mémoires de l'Académie royale de sciences de l'Institut de France VIII, 221, Бёдан, опровергая изоморфизм, высказывал те же начала. Статья Бёдана, также относящаяся к изоморфизму: Ann. de Ch. et de Phys. VII, 399; VIII, 5; XIV, 320; Schweigg. Journ. XIX, 426; XXIV, 110.

[2] Бертолле (Berthollet) в своей Statique Chimique утверждает возможность определенного соединения без стехиометрического содержания и тем предугадывает последующие открытия.

хотели судить о явлениях природы, потому что сколько-нибудь внимательный взгляд, по внешности уже, отличит грубое, как бы осадочное (песчанистое) строение фонтенеблосского кварца от правильно кристаллической, совершенно однородной массы граната, авгита, турмалина и др. А по понятию Волластона, состав граната, турмалина, фонтенеблосского песчаника и многих других минералов не подходит под стехиометрическое отношение, по одной и той же причине *вовлечения*. Не говоря о том, что последующие изыскания нашли стехиометрическое отношение в количестве *вовлекаемых* веществ, должно впрочем сознаться, что известные в те времена явления почти все подходили под закон Бёдана. На[13]пример, ромбоэдрическая форма железного и горького шпатов могла быть изъяснена содержанием в них большего или меньшего количества углекислой извести, одинаковость форм аммиачных и калистых квасцов ($\dot{A}m\dddot{S} + \dot{A}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$ и $\dot{K}\dddot{S} + \dot{A}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$) произошла от содержания сернокислого глинозема в обоих квасцах и др.

Чтоб еще более разъяснить вопрос о кристаллической форме, Бёдан произвел много любопытных опытов[1] касательно причин, видоизменяющих форму одного и того же вещества. Он показал между прочим, что форма сосуда, атмосферное состояние и температура[2] не оказывают существенного влияния на форму кристаллов. Далее он показал, что растворяющее вещество имеет, хотя слабое, влияние на форму кристаллов. Так, например, кристаллы квасцов, выделенные из раствора в соляной кислоте, представляют комбинацию куба с икоситетраэдром. Из смешанного раствора солей выделяются кристаллы или каждой соли отдельно, или смеси солей (кристаллизация с вовлечением), или их соединения. При вовлечении всегда изменяется, хотя немного, форма кристаллов перво [14] начальной соли. Как вышеприведенные, так и некоторые другие явления не заставили Бёдана сделать общего заключения, изменяющего прежний его взгляд о вовлечении.

§ 6. После исследований Бёдана в области рассматриваемого нами предмета замечательны работы Гелена и Фукса (Gehlen и Fuchs).[3] Гелен, в своем предсмертном письме, извещает, что ему удалось получить натриевую селитру ($\dot{N}a\ddot{N}$) в форме калистой селитры ($\dot{K}\ddot{N}$). Известно, что натристая селитра кристаллизуется ромбоэдрами, близкими к кубу (угол ромбоэдра = 106° 30′), а калистая — в форме ромбических призм. Гелен получил чистую натристую селитру в виде ромбических призм. Это явление замечательно, потому что

---

[1] Ann. de Ch. et de Phys. 1818, VIII, 1, Recherches sur les causes qui peuvent faire varier les formes cristallines d'une même substance minérale par F. S. Beudant.

[2] *Положение впоследствии опровергнутое.*

[3] Gehlen и Fuchs, Handwörterbuch. Lieb., Pogg. und Wöhl. IV, 150; Kopp, Geschichte der Chemie. Bd. II; J. N. Fuchs, Schweigg. Journal für Ch. und Phys. XV, 377.

противоречит обоим законам Аюи, [1] т. е. одноформенности и односоставности, и закону Бёдана о вовлечении. Еще важнее выводы, которые достигнул Фукс при своей работе над геленитом, вновь открытым тогда тирольским минералом. Обращая внимание на составы этого ми[15]нерала (по анализу Фукса, в нем 29,6 $\dddot{S}i$; 24,8 $\dddot{A}l$; 35,5 $\dot{C}a$; 6,6 $\dot{F}e$ и 3,3 $\dot{H}$), Фукс признает, что в нем часть извести заменяется закисью железа. Это явление, равно как и одноформенность различных сортов квасцов, послужили ему началом для основания понятия о частях, замещающих или правильнее наместничествующих (vicarirende Bestandteile). Такие составные части, входя в тело друг вместо друга, не изменяют формы. Так, форма квасцов не изменяется, если вместо кали войдет натр или аммиак; форма известкового шпата остается та же, если вместо извести вступит в состав магнезия или закись железа; форма селитры не изменяется при замене кали натром.

Невозможно отрицать научного достоинства трудов, представленных нами, однако должно сознаться, что все они не представляли общего целого и ограничиваются по большей части частным кругом явлений, не придавая ясности другим явлениям, рядом с ними стоящим.

§ 7. Труды Митчерлиха (Mitscherlich) привели в одно стройное целое всю общность сведений о согласии кристаллической формы и химического состава, по крайней мере касательно того круга явлений, о котором мы говорили. Первые свои исследования Митчерлих произвел над рядом солей фосфорной ($\ddot{P}$) и мышьяковой ($\ddot{A}s$) кислот * и в заседании Берлинской Ака[16]демии Наук 9 декабря 1819 года изложил выводы этих исследований. Сходство форм некоторых солей мышьяковой и фосфорной кислот заставило Митчерлиха проследить кристаллическую форму большей части солей этих кислот. Эти исследования показали, что соответствующие (содержащие равное число паев воды, кислоты и основания) соли обеих кислот имеют одинаковую форму. Прямое следствие такого явления есть то, что известное химическое соединение не изменяет своей кристаллической формы, если в нем фосфорная кислота будет заменена мышьяковою и обратно. В той же записке [2] Митчерлих находит единство между формами соответствующих солей мышьяковистой ($\ddot{A}s$) и фосфористой ($\ddot{P}$) кислот, между железным купоросом ($\dot{F}e\ddot{S} + 7\dot{H}$), и водною сернокислою

---

[1] Т. е. во-первых, закону единства формы, при тождестве состава, и во-вторых, закону особенности формы для каждого состава или единству состава при тождестве форм. Назовем первый законом одноформенности, а второй — законом односоставности.

[* По современному—это формулы ангидридной фосфорной и мышьяковой кислот. *Прим. ред.*]

[2] Ann. de Ch. et de Phys. 1820, XIV, 172. Sur la relation qui existe entre la forme cristalline et les proportions chimiques, т. е. о тождестве кристаллической формы многих веществ, различных по составу, и об отношении этих форм с числом элементарных атомов.

закисью кобальта ($\dot{C}o\ddot{S} + 7\dot{H}$), цинковым купоросом (сернокислою окисью цинка $\dot{Z}n\ddot{S} + 7\dot{H}$) и горькою солью ($\dot{M}g\ddot{S} + 7\dot{H}$) и др. При этом прямо бросается в глаза подобие состава или, выражаясь в духе атомистической теории, одинаковость числа соответствующих атомов, потому то Митчерлих и заключает, [17]что в некоторых случаях известное число атомов одного вещества может быть заменено тем же числом атомов другого тела, без перемены формы. Митчерлих назвал это явление *изоморфизмом*, а вещества, обладающие одинаковой формой и составленные из одинакового числа соответствующих атомов, *изоморфными*, т. е. тождественными, ибо ἴσος значит подобный, тождественный, а μορφη вид, форма. *Изоморфами* или телами изоморфическими начали также называть соединения, которые при замене друг другом не изменяют формы соединений. Например, горькая соль есть соединение изоморфное с цинковым купоросом, потому что в соединении $\dot{Z}n\ddot{S} + 7\dot{H}$ пай окиси цинка ($\dot{Z}n$) заменен изоморфом — окисью магния или горькоземом ($\dot{M}g$). Последующие работы Митчерлиха показали существование большого количества изоморфных соединений, в особенности солей.

Не станем останавливаться теперь над частностями, потому что несколько раз встретимся с ними в последующем изложении, а окончим исторический отдел о согласовании кристаллической формы с химическим составом.

§ 8. Третья записка Митчерлиха [1] открыла [18] важное явление — двуформенность простого тела серы. Автор показал, что сера при разных обстоятельствах принимает различную кристаллическую форму, именно: в природе она встречается в форме ромбических пирамид; * такую же форму имеет она, когда выкристаллизовывается из раствора в сернистом углероде; напротив того кристаллы, полученные при охлаждении расплавленной серы, имеют форму моноклиноэдрических призм. Это явление ясно показало, что одно и то же тело может иметь две кристаллических формы, тогда как все прежде известные явления допустили иное объяснение — измененное расположение элементарных атомов (кислот и оснований). В простом теле, очевидно, элементарные атомы те же самые; иначе рушится понятие о простом теле. Это явление двуформенности одного и того же тела, при совершенной одинаковости состава, Митчерлих называл *диморфизмом*, т. е. двуформенностью. Митчерлих отличил его от изомерии. Как изомерные, так и диморфные соединения представляют, говорит он, одинаковый процентный (эмпирический) состав, но первые имеют различные химичес[19]кие и физические свойства, зависящие от

[1] Второй мемуар в Ann. de Ch. et de Phys. XIX, 350, составляющий продолжение первого мемуара о изоморфности фосфорно- и мышьяковокислых солей, переведен самим автором из записок Стокгольмской Королевской Академии Наук; 1821 года, т. I. Третий мемуар в Ann. Ch. et Phys. XXIV, 364: Sur les corps qui affectent deux formes cristallines différentes. Четвертый мемуар (стр. 355)—о произведении искусственных минералов.

[* Бипирамид. *Прим. ред.*].

своеобразной группировки элементарных атомов, тогда как диморфные тела разнятся только физическими признаками, потому что представляют одинаковую группировку элементарных атомов и отличаются только в расположении сложных атомов (molécules intégrantes). Аюи утверждал противное и старался доказать различие химических свойств диморфных соединений, например аррагонита и известкового шпата (Traité de Minéralogie par M. l'abé Haüy. 2-me édition 1822; т. I, стр. 486); он склонялся на сторону мнения знаменитого Деви (Davy, Elements de Philosophie Chimique; Paris 1813; т. I, стр. 627; перевод с английского), полагавшего, что алмаз не есть чистый углерод, но соединение его с небольшим количеством кислорода. Аюи полагал и в аррагоните найти разность против состава известкового шпата, о чем мы уже имели случай говорить. Причиною изоморфности тел полагает Митчерлих сходство форм атомов изоморфов. Таким образом, форма известкового шпата не изменяется при замене в нем извести закисью железа, потому, говорит Митчерлих, что атомы закиси железа имеют одинаковую форму с атомами извести.

§ 9. Непременным следствием точных изысканий Митчерлиха [1] было введение понятий о изоморф[20]ности и диморфности для изъяснения как тех явлений, о которых мы говорили ранее, так в особенности и той необъяснимой прежде всего изменчивости состава минералов, по которой принуждены были принять закон вовлечения. Митчерлих нашел, что калистые и аммиачные квасцы, при всевозможном смешении их растворов, выделяются в форме обыкновенных квасцов и содержат однородную смесь обеих солей, но так, что на пай глинозема приходится один пай смешанной окиси калия и аммония. Таким образом состав смешанных квасцов совершенно сходен с составом обыкновенных квасцов, только часть кали заменена окисью аммония. Это замещение беспредельно и потому химическую формулу таких квасцов можно выразить формулой:

$$\dot{R}\dddot{S} + \dot{A}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}, \text{ где } \dot{R} = \dot{K} \text{ и } \dot{A}m,^* \text{ или}$$

$$\left.\begin{matrix}\dot{K}\\ \dot{A}m\end{matrix}\right\}\dddot{S} + \dot{A}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H} \text{ или } \dot{K}\dot{A}m\dddot{S} + \dot{A}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}^2$$

[1] Ann. Chim. et Phys. XIV, 172; XIX, 350; XXIV, 264, 355; Poggend. Ann. XII, 137; XXV, 300; XLIX, 401, Journ. f. p. Ch. XIX, 157.

* [$\dot{A}m = (NH_4)_2O$. *Прим. ред.*].

[2] Для практического определения, сколько паев составляют две окиси, обыкновенно вычисляют количество кислорода, содержащегося в каждой окиси, и сумму полученных количеств считают за количество кислорода обеих окисей. Узнавши число паев кислорода, прямо узнаем число паев окиси. Для примера возьмем оливин. В нем:

Кремнекислоты	38,0	в	чем	19,7	кислорода
Магнезии	32,6	„	„	12,7	„
Закиси железа	29,4	„	„	6,8	„
	100,0				

т. е. в кислоте 19,7 кислорода, а в изоморфных окисях 19,5 кислорода, т. е. количество кислорода в кислоте и в сумме окисей почти одинаковое. Так как для

Не точно ли такое же смешение изоморфов, или замещение, происходит и в минералах? Это предвидел уже и Митчерлих в самом начале своих исследований, а Берцелиус (Berzelius) тогда же предсказал то [21] великое влияние, какое будет произведено изоморфизмом как на теоретическую часть химии вообще, так в особенности на изъяснение состава минералов. Очень ясно высказаны эти идеи в «Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie», а окончательно развиты они в новой системе Берцелиуса, вышедшей в 1824 году (первая принадлежит 1816 году). [1] Генрих Розе (Heinrich Rose), Бонздорф (Bonsdorf) [22] и граф [22] Тролле-Вахтмейстер (Trolle-Wachtmeister) произвели первые точные анализы минералов, содержащих составные вещества не в прямых стехиометрических пропорциях, но как изоморфные смеси. В 1820 году Генрих Розе поместил в записках Шведской Академии Наук. (Kongl. Vetenskaps-Academ. Handl. 1820, стр. 319) [2] анализы различных минералов, относящихся к пироксенам, и нашел, что хотя эмпирический состав различных иновидностей довольно резко разнствует, однако составы всех их подходят под общую химическую формулу. Вскоре затем (в 1821 году) явился подобный же анализ амфибола; он принадлежал Бонздорфу. [3] Этот ученый сделал 11 анализов различных минералов, относящихся к амфиболам (грамматита, актинолита, азбеста, амфибола, паргазита) и нашел для них общую формулу.

$$\dot{R}\dddot{S}i + \dot{R}^3\dddot{S}i^2$$

Эти анализы показали, что тела равной кристаллической формы имеют одинаковый рациональный состав. С тою же целью и с таким же успехом [23] граф Тролле-Вахтмейстер произвел анализ различных сортов граната.[4]

§ 10. Эти работы или были неизвестны Аюи, при втором издании его минералогии, или он отвергал их достоинство. [5] В этом втором издании Traité de Minéralogie (1822 года) Аюи отказывается от прежне-

---

образования кремнекислоты нужно три пая кислорода, то состав оливина может быть выражен, принимая три пая кислорода в кислоте и три в окиси. Три пая кислорода в окиси соответствуют трем паям $\dot{R}$, а три пая кислорода в кислоте одному паю $\dddot{S}i$. Таким образом формула нашего минерала будет $\dot{R}^3\dddot{S}i$.

[При современном атомном весе формула ангидрида кремнекислоты — SiO_3. В оливине количества кислорода в окиси металла и в ангидриде равны, поэтому последняя формула превращается в $(RO)_2SiO_3$. *Прим. ред.*].

[1] Ueber die Veränderungen, welche in dem chemischen Mineral-Systeme durch die Eigenschaft der isomorphen Körper, einander in unbestimmten Verhältnissen zu ersetzen nothwendig geworden sind. 1828. Annalen der Phys. und Chem. Poggendorf, XII, 1.

[2] Schweigg. Journ. XXXV, 66; Gilb. Ann. XXII, 51.

[3] Kongl. Vetenskaps-Akademiens Handlinger 1821, 11; Ann. Ch. et Phys. XX, I. Mémoire ayant pour objet de démontrer l'analogie de composition des minéraux, qui cristallisent à la manière de l'amphibole. Schweigg. Journ. XXXV, 140.

[4] K. Vet. Ac. Hand. 1823.

[5] Ann. de Chim. et Phys. 1820; XIV, 305; Karsten's Arch. II, 18.

го плана своей системы: он ставит выше всего кристаллическую форму — характер геометрический, а химический состав считает признаком очень слабым по неточности анализов, почему и соединяет в один вид такие минералы, которые довольно значительно разнятся по химическому составу (т. I. Discours préliminaire; xiij etc.), например, разновидности пироксена. Хотя Аюи, признавая это, делает совершенное изменение в сущности своей системы, однако он отвергает понятие о изоморфности (т. I, стр. 37—44) и думает, что при различии состава и одинаковости формы характер последней зависит от одного постоянного члена (стр. 44). Так, сравнивая 14 анализов пироксена, он признает, что форма его зависит от кремнекислой извести, прочие же части располагаются между частицами ее в промежутках и не изменяют таким образом формы. Это натянутое [24] объяснение есть не что иное, как повторение теории вовлечения Бёдана. Сходство форм изоморфных соединений было в свою очередь отвергнуто Аюи и названо просто обманом чувств (. . . . . .est l'éffet d'une illusion .... стр. 42), на основании того, что углы сходственных форм представляют разность от 4 до 5°. Конечно Митчерлих в первой своей записке не определяет углов, но нигде не говорит он и о совершенном единстве углов изоморфных тел; во второй же записке прямо приводит размеры углов многих изоморфных солей, а потому ясно показывает, что сходство форм не полагает в их абсолютной одинаковости, а только в близком сходстве. Впрочем, вторая записка Митчерлиха была помещена в Annales de Chimie et de Physique уже в начале 1822 года, потому вероятно не была известна Аюи при составлении второго издания его минералогии. Отвергнувши начала Митчерлиха, французский кристаллограф полагает основным правилом своей системы, что один и тот же минеральный вид характеризуется постоянною геометрическою формою и не может содержать минералов различного химического состава. Итак вся ошибка Аюи состояла в том, что он придавал очень тесный смысл понятию о сходстве химического состава. Как верны и основательны мнения Аюи по отношению к кристаллографическому внешнему строению минералов, так по большей части легки суждения его [25] по отношению к химическому составу минералов, особенно к изоморфизму. Мысли его о диморфизме имеют еще некоторое основание, и мы будем иметь случай возвратиться к ним; но во всяком случае та резкость изложения общих законов, какую находим в творениях Аюи, несогласна с подвижными и гибкими законами природы.

Вскоре затем повсюду почти утвердились понятия об изоморфизме. Этому много способствовали изыскания Берцелиуса и его знаменитая система минералов, основным началом которой был изоморфизм. Понятия, введенные тогда шведским химиком в науку, еще и до сих пор, в течение почти 30 лет, твердо держатся в ней и отличаются увлекательной простотой.

§ 11. Мы дошли таким образом до эпохи утверждения в науке понятия о изоморфизме, до времени почти последних проблесков идей Аюи, когда всеобщее внимание и новые изыскания возвысили труды Митчерлиха, подтвердили их. Многочисленные работы этого

ученого и других химиков и минералогов [1] развили наши сведе[26]ния по этому предмету. Не касаясь многих этих исследований, постараюсь представить важнейшие выводы, каких они достигли. Изложив несомненные, всеми признанные понятия о изоморфизме, перейду к гипотезам, более или менее достоверным и признанным наукой.

§ 12. При сравнении сходства и различия элементарного химического состава (эмпирической формулы) и кристаллической формы двух тел можно допустить только четыре случая. Именно: в обоих телах может быть:

1.	Химический состав	одинаковый	Кристаллическая форма	одинаковая
2.		одинаковый		разная
3.		разный		одинаковая
4.		разный		разная

Первый и четвертый случаи представляют согласие формы и элементарного состава и принадлежат к явлениям очевидным и давно известным. В самом деле, очень понятно, что различный состав влечет различие и в формах и что известный элементарный состав определяет известную кристаллическую форму. Второй и третий случаи не столь очевидны.

[27] § 13. Разность кристаллической формы, при одинаковости элементарного химического состава, зависит или от изомерии [2] или от диморфизма. В первом случае предполагается разность и в химических свойствах; во втором случае разность простирается только на физические свойства. Это различение диморфизма и изомерии, кажется, не вполне основательно и находит противников. Мы будем [28] иметь случай возвратиться к этому предмету, столь важному для определения внутреннего строения тел.

---

[1] Kobell, Schweigg. Journ. Phys. Chem. LXIV, 40, Г; Gmelin, Pogg. Ann. IV, 157; Breithaupt, Erdman, Journ. f. pr. Ch. IV, 249; Pogg. An. LI, 510; Persoz, Ann. Ch. et Phys. LX, 19; Brooke, Phil. Magaz. XII, 406; Jonson, ibid. XII, 325; XII, 480; XIII, 405 и др. Levy, Annales of Philosoph. n. s. XII, 364; Pogg. Ann. VIII, 513.

[2] Различают виды изомерии: 1) Изомерия в тесном смысле (*ἰσομερής*, составленный из одинаковых частей), когда рациональный химический состав тот же самый в обоих телах. Это явление мало исследовано, хотя в настоящее время известно много примеров: терпентинное масло, лимонное масло, камфилен и некоторые другие соединения состоят из $C^{20}H^{16}$, но весьма различны по свойствам. 2) Метамерия, когда в обоих телах то же число паев простых тел, но тела составлены совершенно иначе, т. е. имеют различный рациональный состав. Таких тел в органической химии очень много: $C^6H^6O^4$ представляет состав метацетоновой кислоты ($C^6H^5O^3 + HO$), муравьиного эфира (C^4H^6O, C^2HO^3) и уксусной окиси метила (C^3H^3O, $C^4H^3O^3$) и т. п. 3) Полимерия есть такой случай изомерии, при котором число паев простых тел, а следовательно и рациональная формула обоих изомеров, различны по элементарному составу. CO соответствуют весьма многие соединения: светильный газ C^4H^4, Quadri Carbonat Фарадея C^8H^8, амилин $C^{10}H^{10}$, олеин $C^{12}H^{12}$, цетен $C^{32}H^{32}$ и многие другие.

§ 14. Прежде чем коснемся третьего случая, т. е. единства форм при разности состава, точнее определим понятие об одинаковости [1] форм. Кристаллическая форма определяется главным образом осями, а в частности комбинациями; потому две формы одинаковы, если оси их имеют одинаковое отношение по величине и одинаковое наклонение. Так как формы правильной системы имеют только единственное отношение к наклонению осей, то все тела, обладающие ими, имеют говоря вообще, одинаковые формы. К[29] этому закону тождественности отношения осей должны присовокупить другой закон, по крайней мере для практического определения единства форм. Это — закон тождественности комбинаций и листопрохождения. В самом деле, опыт показал, что большая часть форм одинаковых на основании какой-либо причины, лежащей в самой сущности тела, представляют не только единство отношения осей, но и единство комбинаций и листопрохождения [спайность—*ред*]. На основании этого закона можно и в телах правильной системы отыскать формы, более близкие между собою и более отдаленные. Для этого могут служить коэффициенты комбинационных площадей, например, величина m для площадей икоситетраэдра (mom по Науману) (Naumann); также сходство комбинаций и листопрохождения. С другой стороны опыт Митчерлиха показал, что при нагревании кристаллов одной из неравноосных систем отношение осей и их наклонение (в системах клиноэдрических) изменяются и притом для каждого тела по особым законам. Потому два тела, имеющие при обыкновенной температуре одинаковые отношения осей, при другой температуре будут иметь разное отношение между осями. Наоборот, тела, имеющие при ныне господствующей температуре разное отношение осей, могут иметь при известной температуре одинаковое соотношение. Таким образом, тела, *близкие* по форме, имеют право стать в ряду с телами, обладающими одинако[30]выми формами. [2] Не придавая предыдущему объяснению строгого смысла доказанной истины, примем условным образом называть «одинаковыми» формами такие формы, которые: 1) принадлежат в одной и той же системе; 2) представляют, если не одинаковое отношение осей, то по крайней мере довольно близкое; 3) представляют по большей части одинаковые комбинации и 4) даже часто одинаковое листопрохождение.

---

[1] По смыслу определения таких форм, их можно называть: сходными, тождественными, одинаковыми, подобными. Все эти названия означают одно и то же понятие, потому что невозможно положить строгих пределов сходству форм и изоморфности двух тел. Здесь, как и везде при изучении явлений природы, между отрицанием и утверждением *одного признака* существует множество переходов, границы которых часто бывают произвольны и искусственны. Только истинные таланты, обладающие естественноисторическим тактом, умеют провести и здесь предельную черту, соображая общность предпочтительно пред частностью, пред известным *одним признаком*. В обсуждаемом предмете истинный талант показали: Митчерлих, Берцелиус, Копп (H. Kopp), Жерар (Gerhardt).

[2] Вывод этого закона заимствую из намеков Коппа и Шредера (Schröder). Обыкновенно считают формы изоморфных соединений только близкими, но предыдущий закон приводит их к тождественности. Должно предполагать какую-нибудь постоянную температуру, при которой изоморфные тела имеют равное отношение осей. Не есть ли это температура кристаллизации или плавления?

§ 15. И так третий случай отношения форм и состава есть одинаковость форм при разности состава. Это отношение называется обыкновенно изоморфизмом, однако правильнее и общнее назвать его вместе с Коппом *гомеоморфизмом.*

Мы станем называть гомеоморфными *всякие* два тела, имеющие одинаковые формы, не стесняя близости углов определенным числом градусов. Так квасцы и алмаз, поваренная соль и перовскит, калистая селитра и аррагонит, железо и мышьяковая кислота, мышьяк и железный блеск [1] и многие другие суть гомеоморфы.

[31] Должно заметить, что, рассматривая сходство форм, мы имеем в виду только формы действительно свойственные минералам, а не ложные псевдоморфические, происходящие случайно.

Гомеоморфизм есть одно простое сходство кристаллическое, без всякого отношения к составу. Изоморфизм, напротив того, есть такой гомеоморфизм, где физическое сходство определено химическим. Потому обыкновенно принимают, что существуют два случая гомеоморфизма: один для нас необъяснимый, беспричинный; другой— происходящий от близости состава обоих тел. Первому придают название гомеоморфизма в тесном смысле, а второму изоморфизма. Несколько случаев первого мы только что исчислили.

В отношении к гомеоморфизму, *изоморфизм,* в тесном смысле, *есть сходство форм по причине подобия состава.*

§ 16. Подобие состава определяется практически подобием химической формулы. Потому, выражаясь словами Митчерлиха и всех его последователей, закон, управляющий изоморфизмом, есть следующий: *соединения одинакового числа атомов, подобным образом расположенных, образуют тела тождественных кристаллических форм.* Не стану вос[32]ставать ни против некоторой гипотетичности этого закона, ни против его частной неприложимости, по неопределенности наших сведений о числе атомов; не стану приводить и многочисленных исключений, всем известных и обыкновенно оправдываемых диморфизмом, потому что в последующем довольно часто будут встречаться примеры исключений.

§ 17. Вышеприведенный закон определяет сходство форм тел сложных, составных. Для простых тел Митчерлих принужден был дать другой закон, вовсе лишенный возможности какой-либо практической поверки: *тела имеют одинаковую кристаллическую форму, когда их атомы одинаковой формы.* Очевидно, что этот закон имеет большую общность, потому что применяется ко всем соединениям, но он не основан ни на прямых наблюдениях, ни на ясных наведениях.

§ 18. Третий закон изоморфности тел: *изоморфизм соединений зависит от изоморфизма составных частей, хотя они в отдельном состоянии иногда и не представляют тождества форм.* Как в этом случае, так и во всех других, не подходящих под законы, приведенные выше, разность форм зависит от диморфизма. Потому четвертый

---

[1] Замечательный гомеоморфизм $\overset{\cdots}{\mathrm{Fe}}$ и $\overset{\cdots}{\mathrm{As}}$ и As с $\overset{\cdots}{\mathrm{Fe}}$ открыл Ганкель (Hanckel). Berz. Jahresber. XXIII, 7; Pogg. Ann. IV, 479.

закон, предупреждающий всевозможные исключения есть: *всякое тело в отдельном состоя*[33]*нии и в соединении может иметь различные формы*, т. е. может представлять диморфизм.

§ 19. Оставив в стороне эти законы, посмотрим, чего достигла школа Митчерлиха в практическом отношении, противополагая это понятие о законах чисто общих, отвлеченных, о каких мы тотчас упоминали.

§ 20. Соединения изоморфные имеют сходственный состав и кристаллизуются в тождественных формах как в отдельном состоянии, так и в разнообразной смеси. При смешении обыкновенно для краткости говорят, что одна составная часть заменила другую. Так при смешении m частей углекислой извести ($\dot{C}a\ddot{C}$) с n частей углекислой соли магнезии ($\dot{M}g\ddot{C}$) происходит:

$$\begin{matrix} m\dot{C}a\ddot{C} \\ n\dot{M}g\ddot{C} \end{matrix}$$

обыкновенно говорят, что $\dot{C}a$ и $\dot{M}g$ вместе вошли в соединение с $\ddot{C}$, т. е. произошло:

$$\left.\begin{matrix} \dot{C}a \\ \dot{M}g \end{matrix}\right\} \ddot{C}$$

Оба эти понятия разноречат как между собою, так и с понятием, что в соединении прямо металл заменяет металл. Последнее выразится формулою

$$\dot{\overbrace{Ca\dot{M}g}}\ddot{C}$$

[34] Отдать преимущество тому или другому способу объяснения и выражения невозможно, потому что химия еще не разрешила способа строения солей и понятия дуалистов, которых мнение выражается в наших формулах, может быть совершенно несправедливо. А очевидно, что с падением этого понятия изменится понятие и о форме замещения. В самом деле, если углекислая магнезия и известь по теории водородных кислот суть:

$$\dddot{Ca}\ddot{C} \text{ и } \dddot{Mg}\ddot{C},$$

то очевидно, что при смешении может быть только два случая, именно: или соли прямо смешиваются, или металлы отчасти заменяются друг другом. Таким же образом, приняв иное объяснение строения солей, мы можем и должны дать другое объяснение и смешению изоморфов.

В смысле атомистической теории, кажется, невозможно объяснить себе замещения тел иначе, как смешением солей или вообще целых соединений, а не составных частей. В самом деле, мы не можем принять, чтобы в сложном атоме один атом тела (напр., кислоты) мог соединяться с частию одного и с частию другого тела (напр., основания), иначе мы должны допустить возможность раздробления атомов, и потому мы

должны признать соединение двух составных атомов (т. е. обеих солей или целых соединений) в один сложный. Впрочем [35] Жерар и его последователи принимают раздробление атомов, по крайней мере многих тел, принимаемых неделимыми. Так, формула квасцов по этой теории выражается $(Al^{\frac{1}{2}}K^{\frac{1}{4}})\ SO^4 + 6\dot{H}$ (оставляя паи те же, что принимаются обыкновенно, а не принимая паев Жерара). *

Как бы то ни было, известно, что изоморфы смешиваются друг с другом без всякого стеснения в числах и не изменяют своих главных свойств. Замечательное явление происходит при смешении некоторых солей. Так, если смешать железный купорос ($\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$) с медным ($\dot{Cu}\dddot{S} + 5\dot{H}$), то получится изоморфная смесь, не смотря на разность числа атомов воды в обеих солях и на разность кристаллических систем обеих солей. Получающаяся смесь принимает форму одного из соединений и содержит тогда то количество кристаллизационной воды, какое свойственно соли, даровавшей свой образ смеси. Хотя Леблан (Leblanc), Бёдан, Гей-Люссак и Митчерлих занимались подобного рода искусственными изоморфными смесями, но только в недавнее время (в 1854 году) Раммельсберг (Rammelsberg) показал нам истинное отношение между количествами изоморфов, образующих подобные смеси. [1] Вообще, когда из соединенного раствора двух солей выделяется изоморфная их смесь, то при сходстве форм обеих солей форма изоморфной смеси будет [36] также им сходственна, а при разности форм получающаяся соль принимает форму одной из взятых солей и заимствует притом от нее и главнейшие характеры, как-то: содержание кристаллизационной воды, растворимость в воде, цвет и др. Вот вывод, полученный Раммельсбергом, который исследовал смеси многих солей и нашел, что предел, до которого соль придает смеси свой характер, различен для различных солей, например, при смешении $\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$ (моноклиноэдрической системы $a:b:c = 1{,}17041:1{,}5312$ и $c = 76°33'$) и $\dot{Zn}\dddot{S} + 7\dot{H}$ (моноклиноэдрической системы $a:b:c = 0{,}9804:1:0{,}5631$) изоморфная смесь обеих солей имеет форму $\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$, когда в смеси не менее одного пая ** $\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$ на 3 пая $\dot{Zn}\dddot{S} + 7\dot{H}$. Если же $\dot{Zn}\dddot{S} + 7\dot{H}$ более 4 паев, то смесь принимает форму этой последней соли. То же самое отношение существует и при смешении $\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$ с $\dot{Mg}\dddot{S} + 7\dot{H}$, кристаллическая форма которой очень близка к форме $\dot{Zn}\dddot{S} + 7\dot{H}$ ($a:b:c = 0{,}990:1:0{,}5709$). При смешении растворов $\dot{Mn}\dddot{S} + 5\dot{H}$ с $\dot{Fe}\dddot{S} + 7\dot{H}$ выделяются кристаллы или в форме первой соли и тогда в них на 1 пай железной соли до 20 паев марганцевой, или в форме послед-

* [Ат. в. H тут вдвое больше современного. *Прим. ред.*].
[1] Ann. Pogg. XCI, 321—354.
** [т. е. одной молекулы, *Прим. ред.*]

ней соли, когда ее ($\dot{M}n\ddot{S} + 5\dot{H}$) не более трех паев на 1 пай $\dot{F}e\ddot{S} +$ $+ 5\dot{H}$. Сюда же подходит соль, которую получил Шоффель (Schoffel), растворяя марганцевый купорос в насыщенном растворе желез[37]ного. При выпаривании получалась соль $2\dot{F}e\ddot{S} + 3\dot{M}n\ddot{S} + 7\dot{H}$ в форме железного купороса. При смешении обоих купоросов невозможно было получить всех промежуточных соединений: напр., на 1 пай железного купороса 5 паев марганцевого и др. Смешивая горькую соль $\dot{M}g\ddot{S} + 7\dot{H}$ с марганцевым купоросом $\dot{M}n\ddot{S} + 5\dot{H}$, получаются кристаллы в форме соли, преобладающей по числу паев, так же как и при смешении $\dot{Z}n\ddot{S} + 7\dot{H}$ с $\dot{M}n\ddot{S} + 5\dot{H}$. Смесь $\dot{C}u\ddot{S} + 5\dot{H}$ с одною из солей $\dot{F}e\ddot{S} + 7\dot{H}$ или $\dot{M}g\ddot{S} + 7\dot{H}$ или $\dot{Z}n\ddot{S} + 7\dot{H}$ имеет форму $\dot{C}u\ddot{S} + 5\dot{H}$ (следовательно содержит $5\dot{H}$) только тогда, когда количество этой соли по паям в восемь раз более, чем $\dot{F}e\ddot{S}$ и др. [1]

Это подчинение одной формы другой есть, кажется, всеобщий закон природы, проявляющийся тогда, когда составляются два тела близко сходные между собою, т. е. разновидности или расы одного вида. Тогда следовало бы (*как кажется* a priori) получить среднюю форму с большею вероятностью, чем при сочетании различных видов, но в действительности всегда в этом случае удерживается та или другая из форм соединившихся. Так, приплод от самца и самки есть или самец или самка; от [38] арабской кобылы и английского скакуна происходит порода той или другой страны; белая мышь с обыкновенной серой мышью никогда не даст, по наблюдению Коладона (Coladon), мышенка с пестрою шкурой, а всегда или с чисто белой или с обыкновенной; ветка благородной яблони на дичке или не принимается или дает хорошее яблоко, а не что-либо среднее между дичком и хорошим яблоком, и т. п. Примеры крайних форм и отсутствие промежуточных, может быть, многое объяснят впоследствии, в особенности по отношению к различению видов от разновидностей минералов.

§ 21. Изоморфные смешения очень обыкновенны в минеральном мире, до того, что большая часть коры земной состоит из минералов подобного образования. Хотя наши сведения о них довольно значительно развиты, однако еще весьма ощущается недостаток многих изысканий, особенно направленных для определения силы пределов, в каких действуют законы изоморфизма. Сколько существенных и важных вопросов могут разрешить нам впоследствии изоморфные смеси! Берцелиус в своей статье о пропорциях давно еще сказал, что изоморфизм есть прекраснейшее и богатейшее последствиями открытие. Для примера посмотрите на ту отчетливость, с какой мы могли бы решить с помощью изоморфных смесей вопрос о минеральном виде (species), вопрос для минералогии суще[39]ственный и основной. В са-

[1] Вельцин (Weltzien в Liebig Annal. d. Chem. u. Pharm. XCI, 293; Erdm. Journ. f. prakt. Chem. (1854, LXIII, 444) с подобною же целью изучал смеси медного, никкелевого, железного и цинкового купоросов и достиг сходных выводов.

мом деле, видовой характер минерала определяется многочисленными признаками, а наиболее химическим составом и кристаллической формулой. Но возьмите любые изоморфные минералы, например, известковый и горькоземистый (Talkspath) шпаты; в них и кристаллическая форма и рациональный химический состав сходны, а мы их разделяем, потому что существует некоторое постоянство в составе (первый почти чистая $\dot{C}a\ddot{C}$, второй иногда даже совершенно чистая $\dot{M}g\ddot{C}$, напр., шпат из Снарума [Snarum] в Норвегии) и в форме (у первого ромбоэдр в 105°8′, [1] у второго 107°30′). Но как шатко это постоянство! Есть до 5 шпатов, стоящих в средине или по химическому составу, или по форме. Бурый или горький шпат представляет переход по обоим свойствам: состав его есть вообще $n\dot{M}g\ddot{C} + m\dot{C}a\ddot{C}$, а угол его ромбоэдра = 106°15′20″. Весьма было бы интересно знать: существуют ли все постепенные переходы по кристаллической форме и по химическому составу и не совершаются ли первые скачками, т. е. существуют ли ромбоэдры шпатов всех возможных изменений от 105°8′ до 106°18′ и 107°[40]20′? Если существуют такие переходные формы, то конечно нет никакого основания резко отделять формы, чаще встречающиеся, по тем или другим обстоятельствам, и делать из них особые виды. Напротив, когда будет доказана непостепенность в изменении углов с постепенным изменением состава, тогда настоящее деление шпатов на несколько видов будет основываться на прочных началах. Интересно проследить при этом и изменения в относительном весе, способности растворяться в кислотах, [2] в оптических [3] и других свойствах, будут ли эти изменения постепенны или нет? Подобным же образом изучение изоморфных смесей могло бы многое изъяснить касательно степени плавкости, удельного объема (объема атома, о чем мы будем говорить через несколько страниц), способности лучепреломления простого и поляризованного и касательно дру[41]гих физических свойств, меняющихся с переменою химического состава. [4]

За недостатком подобных исследований мы можем сказать о изоморфных смесях только очень немногое и то чисто фактическое, стесненное пока в узкую рамку приведенных выше законов, объем которых только в начале кажется очень обширным. Один из отделов настоящего труда займут гипотезы, отчасти опровергающие эти законы, и потому мы будем иметь случай еще не раз говорить об них.

[1] Иногда 105°3′ и изменяется до 105° 8′ (по Науману), а Брейтгаупт [Breithaupt] нашел кристалл в 105°5′, Циппе (Zippe) и Моос (Mohs) упоминают о кристаллах даже в 105°0′ (Pogg. Ann. LI, 506), хотя последнее и подлежит сомнению.

[2] И по этим свойствам бурый шпат стоит в средине между известковым и горькоземистым шпатами. Средний относительный вес первого равен 2,72, второго 2,95, а бурого шпата 2,90; известковый шпат растворяется в кислотах очень легко, бурый шпат только измельченный, а магнезистый шпат только измельченный и при нагревании.

[3] Сенармон [Sénarmont] (Ann. Chim. et Phys. 3 Serie, XIII, 391) уже положил прямо начало исследования оптических свойств изоморфных тел.

[4] Несомненно влияние изоморфных тел на цвет смеси, как видно из опытов Раммельсберга и из изучения минералов. Общий вид (Habitus) минералов также много зависит от изоморфов, входящих в состав (Наумана система).

§ 22. Когда изоморфная смесь дойдет до одного из своих крайних пределов, т. е. когда выпадет тот или другой изоморф, произойдет изоморфное соединение (§ 7). Например, крайние пределы состава граната $\dot{R}^3\ddot{S}i + \ddot{R}\ddot{S}i$, где $\dot{R}$ и $\ddot{R}$ заменены обыкновенно изоморфами, суть:

$$\dot{C}a^3\ddot{S}i + \ddot{A}l\,\ddot{S}i$$
$$\dot{M}g^3\ddot{S}i + \ddot{T}l\,\ddot{S}i$$
$$\dot{F}e^3\ddot{S}i + \ddot{A}l\,\ddot{S}i$$
$$\dot{M}n^3\ddot{S}i + \ddot{A}l\,\ddot{S}i$$
$$\dot{C}a^3\ddot{S}i + \ddot{F}e\,\ddot{S}i$$

[42] Они существуют в природе более или менее чистыми (Rammelsberg, Handwörterbuch des chem. Th. d. Miner. I, стр. 274).

Эти пределы суть изоморфы. [1] Впрочем иногда очень трудно отличить предельную форму от переходной, особенно в ряду минеральных веществ. Например, в пироксене, состав которого выражают $\dot{C}a^3\ddot{S}i^2 + \dot{R}^3\ddot{S}i^2$ однако очень часто встречают состав:

$$3\dot{C}a^3\ddot{S}i^2 + 2\dot{M}g^2\ddot{S}i^2 + \dot{F}e^3\ddot{S}i^2.$$

Трудно и довольно важно решить: есть ли это промежуточная, только эквивалентная формула, или она составляет предельную формулу. В самом деле, если последняя форма есть предельная, то состав пироксена должно выразить формулой:

$$3\dot{C}a^3\ddot{S}i^2 + 2\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + \dot{R}^5\ddot{S}i^2,$$

если же нет, то отчего же не принять формулу $\dot{R}^5\ddot{S}i^2$?

[43] § 23. Изоморфные соединения, встречающиеся отдельно (а не смеси или соединения изоморфов между собою, стр. 22, 23), гораздо легче могут быть изучаемы и потому более известны. Считаю не лишним привести список классических изоморфов, как искусственных, так и встречающихся в природе.

Правильной системы [2]

1. C (алмаз), P [3], K, Na, Ti, Cd, Pb, Fe, Ca, Mg, Au, Pt, Pd, Ir, Sn, Zn.

[1] Здесь переход между изоморфами очень ясен и обыкновенно существует в природе, а если бы этого не было, то обыкновенно принимаемому началу должно было бы из каждого предела составить особый вид, потому что в правильной системе нет изменения формы, и для тел, являющихся в ней главным отличительным признаком двух сходных видов, может служить только химический состав.

[2] Правильная система (das reguläre Syst.) по Вейсу (Weiss), Дюфренуа (Dufrenoy), Густаву Розе, Кокшарову; тессулярная (tessularisch) по Вернеру, Моосу и Гайдингеру (Haidinger); тессеральная (tesserales System) по Науману; октаэдрическая (Système octaédrique) по Миллеру и Сенармону; в руководстве Соколова тела этой системы названы телами с первообразной формой правильного октаэдра или куба; по Гаусману (Hausmann) равномерная (isometrische или trimetrisch-orthoëdrisch-isometrisches Syst.).

[3] Перегоняя мышьяк при высокой температуре, Густав Розе получил его в кристаллах правильной системы (Pogg. Ann. LXXVI, 77).

2. ZnS, PbS, PbSe, AgS, NiS + 2FeS($\dot{Pb}$, Cu, $\dot{U}$).

3. KCl, NaCl, AmCl, MgCl, KJ, NaJ, ZnJ, NaBr, KF, NaF, CaF, KCy, NaCy, AmCy.

4. $\dot{Cu}$, CuS, CuCl. [1]

[44] 5. $\dddot{As}$, $\dddot{Sb}$.

6. Минералы и искусственные соединения по формуле шпинели $\dot{R}\dddot{R}$, где $\dot{R} = \dot{Mg}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Zn}$, даже $\dot{Ba}$, $\dot{Ce}$, $\dot{Gl}$, * $\dot{Mn}$, $\dot{Co}$, как показал Эбельмен (Ebelmen), и $\dddot{R} = \dddot{Al}$, $\dddot{Fe}$, $\dddot{Cr}$.

7. $\dot{Ba}\dddot{N}$, $\dot{Sr}$, $\dddot{N}$, $\dot{Pb}\dddot{N}$.

8. KCl, $PtCl^2$; KCl, $IrCl^2$; KCl, $OsCl^2$; AmCl, $PtCl^2$; AmCl, $IrCl^2$

9. Квасцы $\dot{R}\dddot{S} + \dddot{R}\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$, где $\dot{R} = \dot{K}$, $\dot{Na}$, $\dot{Am}$, $\dot{Li}$ и $\dddot{R} = \dddot{Al}$, $\dddot{Fe}$, $\dddot{Cr}$, $\dddot{Mn}$.

10. Гранаты $\dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$, где $\dot{R} = \dot{Ca}$, $\dot{Mg}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$ и $\dddot{R} = \dddot{Al}$, $\dddot{Fe}$, $\dddot{Cr}$ (хромовый гранат, Chromgranat или уваровит, по разложению Коммонена).

Квадратной системы [2]

11. $\ddot{Ti}$ (рутил), $\ddot{Sn}$ (оловянный камень).

12. $\dot{Ca}\dddot{W}$, $\dot{Pb}\dddot{W}$, $\dot{Pb}\dddot{Mo}$, $\dot{Pb}\dddot{Cr}$.

13. $\dot{Ni}\dddot{S} + 7\dot{H}$; $\dot{Ni}\dddot{Se} + 7\dot{H}$; $\dot{Zn}\dddot{Se} + 7\dot{H}$

14. $\dot{K}\dddot{P} + 2\dot{H}$, $\dot{K}\dddot{As} + 2\dot{H}$; $\dot{Am}\dddot{P} + 2\dot{H}$; $\dot{Am}\dddot{As} + 2\dot{H}$.

[45] 15. $(2NH_3 + \dot{Ag})\dddot{R}$, где $\dddot{R} = \dddot{S}$, $\dddot{Se}$, $\dddot{Cr}$.

16. $(\dot{Cu} + \dddot{U})\dddot{P} + 8\dot{H}$, $(\dot{Ca} + \dddot{U})\dddot{P} + 8\dot{H}$.

Гексагональной системы [3]

17. As, Sb, Bi, Te, Os, Ir, Pd.

18. $\dddot{Al}$, $\dddot{Fe}$, $\dddot{Cr}$

---

[1] Примечательный изоморфизм этих соединений показан Митчерлихом (Liebig's Ann. XXXVI, 173), из него виден изоморфизм O, S и Cl.

[* Ныне BeO (французское название берилия — глиций Gl). *Прим. ред.*]

[2] Квадратная или тетрагональная система (Tetragonalsystem) Наумана, Брейтгаупта, Кокшарова, Соколова; дву- и одноосная (zwei-und ein-axiges Syst.) или четыречленная (viergliedriges) по Вейсу, Густаву Розе и Раммельсбергу, пирамидальная система Мооса, Миллера и Сенармона, одно-двумерная (monodimetrisch или trimetrisch-orthoëdrisch-monodimetrisches) по Гаусману; с основной формою — прямой квадратной призмой по Соколову и Дюфренуа; также прямой октаэдр с квадратным основанием (octoëdre droit à base carrée) по Дюфренуа.

[3] Гексагональная (Hexagonalsystem) или шести-угольная система по Науману, Брейтгаупту и Кокшарову; трех- и одноосная (drei- und ein-axig) по берлинским кристаллографам: Вейсу, Густаву Розе, Митчерлиху, Л. Гмелину (L. Gmelin), Раммельсбергу и другим; шести-членная (sechsgliedriges Syst). по Раммельсбергу; ромбоэдрическая (romboedrisch) по Моосу, Миллеру, Дюфренуа, Вейсу, Гайдингеру и Соколову; четырех-мерная, одно-трех-мерная (tetrametrisch-mono-trimetrisches) по Гаусману; шестигранная по Соколову.

19. $3AgS + AsS_3$; $3AgS + SbS_3$ (красная серебряная руда).

20. $\dot{R}\ddot{C}$ шпаты, где $\dot{R} = \dot{C}a$, $\dot{M}g$, $\dot{F}e$, $\dot{M}n$, $\dot{Z}n$.

21. $\dot{N}a\ddot{N}$, $\dot{K}\ddot{N}$.

22. $CaCl + 3\dot{C}a^3\ddot{P}$ (апатит), $PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{P}$; $PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{A}s$ (зеленая свинцовая руда).

Ромбической системы. [1]

23. S, J (?).

24. $\ddot{A}s$, $\ddot{S}b$.

[46]25. Ti (брукит, Brookit) Sn, [2]

26. SbS^3, AsS^3.

27. Изоморфы аррагонита $\dot{R}\ddot{C}$, где $\dot{R} = \dot{C}a$, $\dot{B}a$, $\dot{S}r$, $\dot{P}b$, $\dot{M}g$, [3] $\dot{F}e$.

28. $\dot{K}\ddot{N}$, $\dot{N}a\ddot{N}$.

29. $\dot{B}a\ddot{S}$, $\dot{S}r\ddot{S}$, $\dot{P}b\ddot{S}$.

30. $\dot{K}\ddot{C}\ddot{l}$, $\dot{K}\ddot{M}n$, $\dot{A}m\ddot{C}l$.

31. $\dot{N}a\ddot{S}$, $\dot{A}g\ddot{S}$.

32. $\dot{K}\ddot{S}$, $\dot{K}\ddot{S}e$, $\dot{K}\ddot{C}r$, $\dot{K}\ddot{M}o$.

33. $\dot{R}\ddot{S} + 7\dot{H}$, где $\dot{R} = \dot{M}g$, $\dot{Z}n$, $\dot{N}i$; $\dot{M}g\ddot{S}e + 7\dot{H}$, $\dot{Z}n\ddot{S}e + 7\dot{H}$.

34. $\dot{N}a\ddot{P} + 4\dot{H}$; $\dot{N}a\ddot{A}s + 4\dot{H}$.

---

[1] Ромбическая (rombisches) система по Науману и Кокшарову; одно- и одноосная (ein- und ein-axig), дву- и двучленная (zwei- und zweigliedrig) по берлинским кристаллографам; двучленная (zweigliedrig) по Раммельсбергу; прямо типическая (orthotipe) по Моосу, Гайдин[46]геру и Миллеру (Miller); голоэдрически-ромбическая (holoedrisch-rombisch) по Брейтгаупту; равномерная (anisometrisch или trimetrisch-orthoedrisch-anisometrisches System) по Гаусману; ромбоидальная или с основной формой прямой прямоугольной призмой в руководстве Соколова и Дюфренуа; прямой октаэдр с ромбическим основанием (octaèdre droit à base rombe) по Дюфренуа; также равнонаклонная (isoklinisch).

[2] Добре получил окись олова в форме брукита [TiO_2, *Ред.*], пропуская пары $SnCl^4$ и воды через накаленную фарфоровую трубку (Compt. Rend. XIX, 227).

[3] $\dot{M}g\ddot{C}$ получается в аррагонитовой форме при нагревании раствора кислой углекислой магнезии $\dot{M}g\ddot{C}^n$, при чем выделяется осадок $\dot{M}g\ddot{C}$, и углекислота улетучивается. Berzelius Jahresbericht XVIII, 184.

Моноклиноэдрической системы [1]

35. $\dot{K}\dddot{S}^2 + \dot{H}$, $\dot{K}\dddot{S}e^2 + \dot{H}$.

[47]36. $\dot{C}a\ddot{S} + 2\dot{H}$, $\dot{C}a\ddot{S}e + 2\dot{H}$, $\dot{F}e\ddot{S} + 2H$; по наблюдениям Грэма (Graham).

37. $\dot{R}\ddot{S} + 7\dot{H}$, где $R = \dot{M}g$, $\dot{Z}n$, $\dot{C}o$, $\dot{N}i$, $\dot{F}e$.

38. $\dot{R}\ddot{S} + \dot{R}_1\dddot{S} + 6\dot{H}$ где $\dot{R} = \dot{M}g$, $\dot{C}a$, $\dot{N}i$, $\dot{C}o$, $\dot{T}e$, $\dot{M}n$, $\dot{Z}n$, $\dot{C}u$ и $\dot{R}_1 = \dot{A}m$, $\dot{K}$.

39. $\dot{N}a\ddot{\dddot{R}} + 10\dot{H}$, где $\ddot{\dddot{R}} = \ddot{\dddot{S}}$, $\ddot{\dddot{S}}e$, $\ddot{\dddot{C}}r$.

40. $\dot{A}m^2\ddot{\dddot{P}} + \dot{H}$, $\dot{A}m^2\ddot{\dddot{A}}s + \dot{H}$.

Триклиноэдрической системы [2]

41. $\dot{M}n\dddot{S} + 4\dot{H}$, $\dot{M}n\dddot{S}e + 4\dot{H}$, $\dot{Z}n\dddot{S}e + 4\dot{H}$, $\dot{C}o\dddot{S}e + 4\dot{H}$.

[48]42. $\dot{C}u\ddot{S} + 5H$, $\dot{C}u\ddot{S}e + 5H$, $\dot{M}n\ddot{S}e + 5H$. [3]

§ 24. Изучение тел, приведенных в этой таблице, привело к выводу тех законов, которые мы привели в 16, 17 и 18 параграфах. Эти выводы суть:

---

[1] Моноклиноэдрическая (monoklinoedrisches Syst.), [47] т. е. однажды наклонная система по Науману; дву- и одночленная (2 и 1 gliedriges Syst.) по обозначению берлинских кристаллографов; полупрямотипно призматическая (prismatisch-hemiorthype) или полупризматическая (hemiprismatisch) по Моосу; косвенно-призматическая система (Système prismatique oblique) по Миллеру и Сенармону (Sénarmont); гемиэдрическо-ромбическая (hemiedrisch-rombisch) по Брейтгаупту; трех-мерная клиноэдрическая (trimetrisch-klinoedrisches Syst.) вместе с дву- и три-клиноэдрическими системами по Гаусману; авгитовая (augitisches) по Гайдингеру; одно-клиномерная по Кокшарову; косвенно-ромбоидальная или с основною формою косвенной прямоугольной призмой в руководстве Соколова; также косоромбическая (klinorombisches, romboidal oblique) непрямо-типическая (anorthotypes Syst).

[2] Триклиноэдрическая (triklinoedrisches System), т. е. трижды-наклонная по Науману; одно- и одночленная (ein- und ein-gliedrig) по Вейсу и Густаву Розе; одночленная (eingliedrig) по Раммельсбергу; непрямо-типическая призматическая (prismatisch-anorthotype) по Моосу; непрямая (anortische) по Гайдингеру: косвенно-призматическая не[48]симметрическая (Système prismatique oblique non symétrique) по Миллеру, Дюфренуа и Сенармону; тетартоэдрически-ромбическая (tetartoedrisch-rombisch), т. е. ромбическая с тетартоэдрическим видоизменением по Брейтгаупту; подобно тому как Моос считал ее ромбической с тетартопризматическими комбинациями (prismatisch. S. mit tetartoprismatischen Combinationen); триклиномерная по Кокшарову; косвеннокосоугольная в руководстве Соколова; также клиноромбоидальная (klinoromboidisches) и полу-непрямо-типическая (hemianorthotipes).

[3] Эти примеры, найденные Митчерлихом, Берцелиусом, Франкенгеймом (Frankenheim), Шерером, Велером и другими заимствованы из: L. Gmelin, Handbuch d. Chemie. 4 издание, 1843 года, том I, 82; Th. Scheerer, Isomorphismus; Liebig-Poggendorff und Wöhler's Handwörterbuch d. Chem. IV, 1849, 194 и C. F. Rammelsberg, Lehrbuch d. Kristallkunde, 1852, 180—197; Graham-Otto's Lehrbuch der Chemie I, 1844, 609—650; Naumann, Elemente der Mineralogie 1852 и C. F. Rammelsberg, Handwörterbuch des chem. Teils der Mineralogie, I и II (1841). Supplement 1843, II 1845, III 1847, IV 1849 и V 1853. Эти сочинения и руководства служили также во многих других статьях этого труда главными руководствами.

1) Абсолютная тождественность форм существует только для тел правильной системы.

[49]2) Изоморфные соединения других систем всегда представляют некоторое различие в углах и осях, но каждой группе изоморфных соединений соответствует своя пирамида или свой ромбоэдр и изменения его незначительны (таблица II).

3) Все случаи изоморфизма, приведенные выше, представляют совершенное подобие атомного состава.

4) Все они могут быть изъяснены из изоморфизма их составных частей.

5) Так как даже многие изоморфы представляют диморфизм (изоморфизм, пр. Ir и Pd №№ 5 и 24, 11 и 25, 21 и 28, 20 и 27), даже триморфизм (пр. $\dot{N}i\ddot{S} + 7\dot{H}$, №№ 13, 33 и 37), то не удивительно, что некоторые простые тела в одних соединениях не дают тождественных форм, образуя их в других, например: в №№ 3, 9, 21, 28 и во многих других случаях; кали $\dot{K}$ изоморфно натру $\dot{N}a$, тогда как в №№ 32 и 31 оба эти вещества придают одним и тем же соединениям разные формы (гетероморфны); такое же различие существует между $\dot{K}$ и $\dot{M}g$, $\dot{C}a$ и $\dot{N}a$, Cu и $\dot{F}e$.

§ 25. Плодом сличения изоморфных соединений была группировка как тел простых, так и их окислов. Должно заметить при этом, что весьма часто смешивали сходство в химическом характере со сходством формы. [1] Впрочем закон Митчер[50]лиха (16 параграф) подавал тому явный повод. Для простых тел привожу систему Грэма (Graham). Основываясь на изоморфном соединении, Грэм располагает простые тела в следующих группах.

1. S, Se, Te и O.
2. Mg, Ca, Mn, Fe, U, Co, Ni, Zn, Cd, Cu, H, Cr, Va, Al, Be, Zr, Yt, Er.
3. Ba, Sr, Pb.
4. K, Na, Am.
5. Cl, Br, F, Cy.
6. N, P, As, [2] Sb, Bi.
7. Sn, Ti.
8. Ag, Au.
9. Pt, Pd, Ir, Os.
10. W, Mo.
11. C, B, Si.

---

[1] Courbe—Quelques reflexions de Chimie. Ann. Ch. et Phys. [50] LXVIII, 203—весьма правильно советует различать изоморфизм химический и физический.

[2] Обыкновенно принимают, что мышьяк прямо изоморфен сере, но Густав Розе прекрасно доказывает противное (Pogg. Ann. LXXVI, 75; L'Institut 1849, 166). Хотя Розе в своей системе снова принимает этот изоморфизм и проводит параллель между кобальтовым блеском, мышьяковистым колчеданом и никкелевым блеском с speis cobalt, с мышьяковистым никкелем и марказитом, однако невозможно принимать прочного изоморфизма S и As, но должно считать, как мы скоро увидим, два пая серы изомфорными одному паю мышьяка.

Между каждыми двумя группами есть посредствующие, переходные тела; так между 2 и 10 —Cr, 2[51]и 3 Ca, 2 и 4 Mg, 6 и 7 —Bi, 4 и 8—Ag и т. д. (Otto-Graham, Lehrbuch, 2 Aufl., т. I, стр. 646). Хлор, фтор и сходные с ними иногда заступают место кислорода; по крайней мере так признают это многие химики и минералоги, например: Герман, Шерер и др.

§ 26. Изоморфизм простых тел, по мнению Митчерлиха и его последователей, должен служить объяснением изоморфизма соединений. Потому изоморфизм солей должен объясняться изоморфизмом окисей и кислот, а изоморфизм окисей и кислот должен, в свою очередь, быть объясняем из изоморфности простых тел. Окиси, чаще всего почитаемые изоморфными друг другу, суть:

Все *щелочи* изоморфны друг другу. Кали ($\dot{K}$), натр ($\dot{N}a$), окись лития ($\dot{L}i$) и окись аммония ($\dot{A}m = \dot{N}H^4$) чаще всего заменяют друг друга в соединениях, не изменяя формы тел; напр., в нефелине, полевом шпате, квасцах, сернокислых и других солях.

Все *щелочные земли* также часто образуют изоморфные соединения; например: соли извести ($\dot{C}a$), стронция ($\dot{S}r$), бария ($\dot{B}a$) и магния ($\dot{M}g$) очень часто имеют сходственные кристаллические формы. Эти окислы очень часто заменяют друг друга в минералах, где $\dot{R}$ представляет изменчивый член. Впрочем, довольно часто щелочные земли заменяются щелочами, например: в лабрадоре, риаколите, скаполите и др.; [52] еще чаще окиси многих тяжелых металлов заменяют щелочные земли; например: $\dot{F}e$ заменяет $\dot{C}a$ и $\dot{M}g$ в шпатах, пироксенах, амфиболах и мног. других.

Окиси тяжелых металлов по формуле $\dot{R}$ часто заменяют друг друга, напр. во многих из купоросов и в других искусственных солях. Иногда они изоморфны щелочам и щелочным землям. Например: $\dot{C}u$ изоморфна $\dot{C}a$ в урановой слюдке, $\dot{P}b$ изоморфна $\dot{B}a$, $\dot{S}r$, $\dot{C}a$ в сернокислых ($\dot{R}\ddot{S}$), углекислых, азотнокислых и др. солях; $\dot{A}g$ изоморфно $\dot{N}a$ в сернокислых солях и др.

Окиси по формуле $\ddot{R}$ весьма часто заменяют друг друга; напр. $\ddot{F}e$ заменяет $\ddot{A}l$ в большей части минералов, содержащих член $\ddot{R}$, напр., в гранатах, квасцах, полевошпатовых и др.; $\ddot{M}n$, $\ddot{C}r$, $\ddot{F}e$ также часто заменяют друг друга.

Кислоты, выражаемые одинаковыми формулами, очень часто заменяют друг друга; например $\ddot{S}$, $\ddot{S}e$, $\ddot{C}r$ также $\ddot{M}o$ и $\ddot{W}$, $\ddot{A}s$ и $\ddot{P}$, $\ddot{P}$ и $\ddot{A}s$ и др. Углекислота, по мнению некоторых, замещает $\ddot{S}i$, но другие, по справедливости, отрицают это, потому что не решено еще: имеет ли кремнекислота формулу $\ddot{S}i$ или выражается иначе. Борную кислоту $\ddot{B}$ многие считают изоморфною кремнекислоте, а многие отвергают это и считают даже ее изоморфною окисям (Лоран, Дана, Науман). Вообще

там, [53] где трудно решить (и не решено) какую формулу должно дать окислу, трудно определить и изоморфизм его с другими окислами. Очень вероятно, что в различных соединениях одному и тому же окислу должно придать различные формулы и потому различные круги изоморфности.

Сернистые и селенистые соединения, имеющие одинаковую формулу и электрохимические свойства, часто замещают друг друга. Например, в селенисто-медном свинце PbSe заменяется CuSe, в блеклой руде SbS^3 заменяет AsS^3 и FeS заменяет ZnS и CuS; в красной серебряной руде SbS^3 заменяет AsS^3. Изоморфы, заменяющие друг друга, можно разделить вообще на два рода: первые образуют особые соединения, имеющие сходственный состав и одинаковую кристаллическую форму; например, $\dot{N}a$ и $\dot{A}g$ в $\dot{N}a\ddot{S}$ и $\dot{A}g\ddot{S}$ и $\dot{T}i$ и $\dot{S}n$ в рутиле и оловянном камне, $\dot{P}b$ и $\dot{S}r$ в $\dot{P}b\ddot{N}$ и $\dot{S}r\ddot{N}$ и др.; вторые смешиваются между собою, т. е. образуют изоморфные смеси; например, $\dot{C}a$ и $\dot{M}g$ в буром шпате, $\dot{F}e$ и $\dot{C}u$ в желтомедном купоросе и др. Обыкновенно позволяют заключить о полном изоморфизме двух окислов только тогда, когда они образуют соединение того и другого рода, т. е. могут беспредельно заменять друг друга и образуют отдельные изоморфные соединения.

Таково общепринятое мнение об изоморфизме. Не останавливаясь более на этом предмете, перей[54]дем к одной из наиболее ясных и строго последовательных частей рассматриваемого нами предмета — к отношению, существующему между удельным объемом и изоморфизмом.

§ 27. Когда знаменитые исследования Гэй-Люссака открыли простоту закона объемов для тел газообразных, возродился вопрос об отношении, существующем между объемами тел твердых и между их паем. Персо [1] первый обратил внимание на этот отдел науки и, хотя ему предшествовали исследования Герапарта (Heraparth), Булле (Boullay) и Карстена (Karsten) об удельном весе, но они пришли только к отрицательному выводу, что удельный вес (следовательно и объемы) не находятся в согласии и отношении с химическим строением и паем тел. Копп и Шредер, лет за пятнадцать тому назад, положили начало, а после развили учение о согласовании относительного веса и химического строения тел. Они нашли, что многие физические свойства тел (расширение от теплоты, точка кипения, относительный вес, кристаллическая форма, температура плавления и др). находятся в согласии с удельным объемом тел. Под этим названием должно разуметь *частное, происходящее от деления пая данного тела на его удельный вес*. Принимая непосредственное беспромежуточное соприкосновение ато[55]мов, это частное означает относительный объем атома, [2] почему и получило название атомов (Atomvolum—Otto, Kopp). Шредер называл это частное сначала объемом пая (Equivalent-volum),

[1] Introduction à la Chimie moléculaire par Persoz; Jahresb. Berz. XX, 13.

[2] В самом деле частное, происходящее от деления веса на плотность (удельный вес), означает объем, выраженный в объемах воды; а вес атома выражается паем и плотность — удельным весом, следовательно частное выражает объем атома.

а потом, следуя совету Берцелиуса, частичным объемом (Molecularvolum). Копп в своих последних сочинениях почти везде употребляет название удельный объем, specifisches Volum. Принимаем это последнее название, потому что оно вполне характеризует самый предмет и не заставляет при этом обращаться в атомистической теории. Да и в смысле последней название объема атома не вполне правильно и довольно одностороннее, потому что пай, деленный на удельный вес, означает объем не одного только материального атома, но атома, окруженного своей атмосферой. В практическом смысле удельные объемы суть те меры объемов, в каких соединяются два тела между собой, подобно тому, как паи суть те меры веса, в каких соединяются тела.

Означая удельный объем через У. Об., относительный вес через Δ и пай через π, будем иметь общее уравнение:

$$[56]\ \text{У. Об.} = \frac{\pi}{\Delta}.$$ [1]

§ 28. Удельные объемы тел газообразных находятся в простом отношении между собой (закон Гэй-Люссака).

Для тел жидких и твердых существует, вероятно, та же простота отношений в величине удельных объемов, но для этого должно сравнивать их не при одинаковой температуре, но при *соответствующей*, напр., при точке кипения или при точке плавления. Это почти не подлежит сомнению, хотя еще не вполне доказано по недостатку точных наблюдений удельного веса при соответствующих температурах.

§ 29. В числе первых открытий Коппа, по отношению к удельным объемам, был закон изоморфизма: *изоморфные тела имеют равные удельные об·емы*, т. е. два тела [коих удельные объемы обозначим через У. Об. и (У. Об.)′, удельный вес через Δ и (Δ) и пай π и (π)], тогда только изоморфны, когда У. Об. = (У. Об.)′ или

$$\frac{\pi}{\Delta} = \frac{(\pi)}{(\Delta)}$$

или

$$\pi : (\pi) = \Delta : (\Delta),$$

т. е. паи изоморфных тел прямо пропорциональны их относительным весам. Этот важный и существен[57]ный закон был высказан в первый раз Коппом в 1840 г., в анналах Либиха (Annal. Chemie und Pharmacie т. 36, стр. 1) и положил прочное основание изоморфизму. Конечно предложенное уравнение У. Об. = (У. Об.)′ не представляет математической точности, но только возможную близость. Причина этого, вероятно, заключается в том, что мы наблюдаем удельный вес при равных температурах, но не при *соответствующих*. На первой таблице представлено несколько примеров, из которых можно извлечь закон соотношения удельных объемов и изоморфизма. Копп старался опре-

[1] Везде пай кислорода принят равным 100.

делить, чему должна быть равна разность У. Об., чтобы тела могли быть изоморфными. Очевидно, что У. Об. — (У. Об.)′ не может

ТАБЛИЦА I

Для показания отношения между изоморфизмом и удельными объемами

		паи	У. В.	У. Об.
Алмаз	C	75	3,33	23
[58] Железо	Fe	355	7,84	45
Хром	Cr	335	7,01	47
Кобальт	Co	369	8,51	43
Никкель	Ni	370	8,82	42
Медь	Cu	396	8,95	44
Марганец [1]	Mn	345	8,01	43
Иридий	Ir	1232	21,80	57
Палладий	Pd	665	11,80	96
Платина	Pt	1232	21,53	57
Титан	Ti	302	5,33	56
Цинк	Zn	406	6,92	59
Молибден	Mo	576	8,68	66
Вольфрам	W	1188	1,37	68
Золото	Au	1229	19,34	64
Кадмий	Cd	697	8,69	80
Магний	Mg	153	1,74	88
Сера	S	200	2,05 [2]	99,5
Селен	Se	495	4,80	103
Свинец	Pb	1295	11,39	114
Осмий	Os	1244	10,0	124
Теллур	Te	802	6,25	128
Серебро	Ag	1350	10,57	128

[1] Тела, соединенные под одну скобку, представляют полный изоморфизм.

[2] Уд. В. моноклинической серы 1,957 и потому У. Об. 102,2.

Продолжение

		пан	У. В.	У. Об.
[59] Висмут	$\dot{B}i$	1330	9,80	136
Мышьяк	As	939	5,63	167
Сурьма	Sb	1613	6,72	240
Фосфор	P	400	1,84	218[1]
Натрий	Na	288	0,97	287
Калий	Ka	489	0,86	569
Рутил	$\ddot{T}i$	502	4,2	120
Оловянный камень	$\ddot{S}n$	930	6,9	135
Окись сурьмы	$\dddot{S}b$	1912	5,77	331
Мышьяковистая кислота	$\dddot{A}s$	1240	3,73	332
Железный блеск	$\dddot{F}e$	1001	5,24	191
Корунд	$\dddot{A}l$	642	3,54	184
Окись хрома (Велер)[2]	$\dddot{C}r$	958	5,21	184
Марганцевая обманка	MnS	545	3,92	139
Цинковая обманка	ZnS	607	4,01	151
Селенистый свинец	PbSe	1789	8,50	210
Свинцовый блеск	PbS	1494	7,40	202
Серебряный блеск	AgS	1550	7,21	215
Аврипигмент	AsS^3	1529	3,42	450
Сурьмяный блеск	SbS^3	2213	4,69	478
[60] Хлористое серебро	AgCl	1793	5,5	326
Хлористый натрий	NaCl	733	2,22	330
Бромистое серебро	AgBr	2207	5,9	374
Нашатырь	AmCl	608	1,55	392
Хлористый калий	KCl	932	1,99	468
Иодистый калий	KJ	2075	3,05	680

[1] Обыкновенного фосфора удельн. вес = 1,84 по Шреттеру, а красного = 2,11 и сего У. Об. = 190.

[2] По Эбельмену как изоморфная окись глиция.

Продолжение

		пай	У. В.	У. Об.
Шпинель	$\dot{M}g\ddot{A}l$	895	3,55	251
Хромистый железняк .	$\dot{F}e\ddot{C}r$	1079	4,42	244
Гагнит	$\dot{Z}n\ddot{A}l$	1148	4,23[1]	271
Магнитный железняк[2] .	$\dot{F}e\ddot{F}e$	1451	5,09	285
Цинковый шпат . . .	$\dot{Z}n\ddot{C}$	781	4,44	176
Пистомезит (Фричи) .	$\widetilde{2Fe3Mg}\ddot{C}$	607	3,4	178
Горькоземистый шпат .	$\dot{M}g\ddot{C}$	528	2,956	181
Мезитин шпат	$\widetilde{MgFe}\ddot{C}$	626	3,356	186
Железный шпат . . .	$\dot{F}e\ddot{C}$	725	3,801	189
Горький шпат	$\widetilde{MgCa}\ddot{C}$	577	2,884	200
Марганцовый шпат . .	$\dot{M}n\ddot{C}$	720	3,571	202
Известковый шпат . .	$\dot{C}a\ddot{C}$	626	2,735	229
[61] Аррагонит	$\dot{C}a\ddot{C}$	626	2,968	212
Стронцианит	$\dot{S}r\ddot{C}$	923	3,615	256
Белая свинцовая руда .	$\dot{P}b\ddot{C}$	1670	6,457	260
Витерит	$\dot{B}a\ddot{C}$	1232	4,301	287
Калистая селитра . .	$\dot{K}\ddot{N}$	1264	2,13	593
Натристая селитра . .	$\dot{N}a\ddot{N}$	1065	2,26	470
Желтая свинцовая руда	$\dot{P}b\ddot{M}o$	2270	6,6	344
Шеелевая свинцовая руда	$\dot{P}b\ddot{W}$	2883	8,0	301
Шеелит	$\dot{C}a\ddot{W}$	1839	6,1	301
Целестин	$\dot{S}r\ddot{S}$	1148	3,82	299
Свинцовый купорос . .	$\dot{P}b\ddot{S}$	1895	6,23	304
Тяжелый шпат	$\dot{B}a\ddot{S}$	1456	4,51	322
Азотнокислая окись стронция	$\dot{S}r\ddot{N}$	1324	2,84	466
Азотнокислая окись свинца	$\dot{P}b\ddot{N}$	2071	4,40	472
Азотнокислый барит .	$\dot{B}a\ddot{N}$	1634	3,20	501

[1] Эбельмен получил искусственно, Annales Ch. et Phys. XXXIII; Journ. für prakt. Ch. LIV, 146. Его гагнит имел удельный вес = 4,58 при 10° 5′ Ц.

[2] И многие искусственные, полученные Эбельменом $\dot{M}n\ddot{C}r_2$ (У. Об. = 287), $\dot{Z}n\ddot{C}r$ (275), $\dot{M}g\ddot{C}r$ (273), $\dot{F}e\ddot{C}r$ (283), $\dot{Z}n\ddot{F}e$ (283).

Продолжение

		пай	У.В.	У.Об.
Диопсид (авгит) . . .	$\overset{\cdot}{\overline{Mg\,Ca^3}}\dddot{Si}^2$	2251	3,116	722
Гиперстен	$\overset{\cdot}{\overline{Mg\,Fe^3}}\dddot{Si}^2$	2121	3,389	623
Геденбергит	$\overset{\cdot}{\overline{Fe\,Ca^3}}\dddot{Si}^2$	2278	3,582	637
[62] Сурьмяная серебр. обманка	$3AgS, SbS^3$	6860	5,80	1183
Мышьяковистая серебр. обманка	$3AgS\,AsS^3$	6186	5,35	1115
Фтористый апатит . .	$CaF + 3\dot{C}a^3\ddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}}$	6320	3,20	1975
Хлористый апатит . .	$CaCl + 3\dot{C}a^3\ddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}}$	6529	3,225	2027
Пироморфит	$PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}}$	16669	7,025	2373
Миметезит	$PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{A}}s$	18313	7,204	2542
Цинковый купорос . .	$\dot{Z}n\dddot{S} + 7\dot{H}$	1793	2,036	886
Горькая соль	$\dot{M}g\dddot{S} + 7\dot{H}$	1540	1,751	879
Медный купорос . . .	$\dot{C}u\dddot{S} + 5\dot{H}$	1567	2,25	696
Марганцевый купорос .	$\dot{M}n\dddot{S} + 5\dot{H}$	1517	2,08	729
Хромовые квасцы . .	$\dot{K}\dddot{S} + \dddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{C}}r\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$	6274	1,848	3395
Поташные квасцы . .	$\dot{K}\dddot{S} + \dddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{A}}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$	5931	1,724	3438
Аммиачные квасцы . .	$\dot{A}m\dddot{S} + \dddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{A}}l\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$	5667	1,626	3546
Железно-аммиачные квасцы	$\dot{A}m\dddot{S} + \dddot{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{F}}e\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$	6026	1,712	3519

представлять действительного отношения разностей между удельными объемами, а должно брать среднюю арифметическую разность, т. е.

$$\frac{\text{У. Об.} - (\text{У. Об.})'}{\frac{1}{2}[\text{У. Об.} + (\text{У. Об.})']} = \text{PO}^1$$

[63] § 30. Рассмотрение разности удельных объемов приводит к следующим выводам: [2]

1) Два тела из целого ряда изоморфных соединений имеют тем ближайшую форму углов, чем ближе величина удельных объемов,

[1] Т. е. разности удельных объемов.

[2] Pogg. Ann. 1841, LIII, 446. Н. Корр, об изоморфизме соответствующих соединений без изоморфизма составных частей.

т. е. чем меньше РО. На таблице II показано несколько примеров, подтверждающих этот закон.

2) Потому изоморфизм не есть свойство абсолютное, безусловное. Нельзя прямо сказать, что два тела изоморфны в такой же степени, как два другие. Степень изоморфности или близость изоморфизма определяется близостью удельных объемов, т. е. величиною РО и разностью в отношении углов или отношения осей. Например, разность удельных объемов для $\dddot{A}s$ и $\dddot{S}b = 0$, для $\dddot{C}r$ и $\dddot{F}e = 0{,}0108$, для $\dddot{S}n$ и $\dddot{F}e$ * $= 0{,}095$, для $\dddot{F}e$ и $\dot{F}e\dddot{T}i$ (т. е. для ильменита) $= 0{,}068$, для $\dot{M}g\dddot{A}l$ и $\dot{F}e\dddot{F}e = 0{,}071$, для $\dot{K}\dddot{S}$ и $\dot{K}\dddot{C}r = 0{,}095$, для $\dddot{C}uS$ и $(\dddot{C}u,Ag)S =$ $= 0{,}200$, для $\dot{Z}n\ddot{C}$ и $\dot{C}a\ddot{C} = 0{,}269$, для $\dot{C}a\ddot{C}$ (аррагонит) и $\dot{B}a\ddot{C}$ (витерит)$=$ $= 0{,}328$. Последняя разность есть наибольшая из наблюденных.

3) Разность между удельными объемами изоморфных тел происходит, вероятно, от того, что величины относительного веса взяты не при соответствующих температурах. Вероятно, что удельные [64] объемы многих изоморфных тел будут совершенно равны, если сравнить их при точке плавления, кипения или может быть при других температурах, постоянных для каждого тела.

4) Весьма часто незначительность РО не показывает изоморфизма, в особенности в отношении к телам диморфным. Например, разность удельных объемов между аррагонитом и известковым шпатом равна не более 0,0079, тогда как между известковым и цинковым шпатами РО $= 0{,}269$, т. е. почти во 100 раз более, чем между известковым шпатом и аррагонитом; однако, последние соединения гораздо дальше по форме, чем первые.

5) Разность удельных объемов для диморфных тел очень незначительна (таблица I). На основании этого опровергается то положение последователей Митчерлиха, что разность форм, в случае одинаковости атомного строения, зависит от диморфизма и обратно, т. е. что *изоморфизм двух соединений не может происходить без изоморфных составных частей*. В самом деле, по смыслу теории Митчерлиха, если AB и CB изоморфны друг другу, значит A изоморфно C. Если A изоморфно C, то их удельные объемы должны быть довольно близки, но часто A и C, в отдельном состоянии, не изоморфны, т. е. и их формы и удельные объемы не сходственны. Так, оловянный камень (У. Об. $= 135$) изоморфен рутилу (У. Об.$=120$), а между тем [65] олово (У. Об. $= 101$) вовсе не изоморфно титану (У. Об. $= 56$). В таком случае, говорят последователи Митчерлиха, изоморфизм окисей произошел от того, что оба металла или один из них вошел в соединение не в том состоянии, в каком были в отдельном состоянии: они изменились. Тот металл (или вообще какое другое тело), который находится в соединении, *диморфен* тому металлу, который находится в отдельном виде. Таким образом A в соединении не равен A_1 в отдельности, или например: титан рутила не есть тот титан, который мы знаем в отдель-

[* Эта фраза неясна, так как окисел $\dddot{F}e$ или FeO_2 не известен. *Прим. ред.*].

ном состоянии (также и олово), но диморфен ему. Следовательно, A и A_1 диморфны друг другу, а может быть C и C_1 (т. е. C в BC и C в отдельности) также диморфны друг другу. Разность объемов между A_1 и $C_1 = M$, довольно значительной величине по нашему предположению (например, разность между Sn и Ti), но разность между A и C должна быть очень мала, потому что CB и AB изоморфны и их изоморфизм зависит от изоморфизма (по мнению Митчерлиха) A и C. Но разность между A и C не может быть = m, т. е. не может быть очень малою (как требует их изоморфность), потому что A и C диморфны A_1 и C_1, а опыт показал, что разность объемов диморфных тел очень мала. Итак, если Р. Об. $A - A_1 = m_1$ (малой величине) и Р. Об. $C - C_1 = m_2$ (также малой величине), и притом $A_1 - C_1$[66] = M (большой величине,) то $A - C = M + m_1 - m_2$, т. е. также довольно значительной величине. Следовательно A и C не изоморфны, или A_1 не диморфно A и C_1 не диморфно C. Так как скорее можно принять последнее предположение, чем первое, то и должно думать, что при соединении с телами часто происходят *изменения*, более существенные, чем *диморфизм*, и притом можно полагать, что *изоморфизм двух соединений может происходить и для изоморфизма составных частей.* Вообще третий или четвертый (18 параграф) из законов Митчерлиха должен быть уничтожен. Третий закон, впрочем, кажется, вероятнее четвертого.

6) Несомненно, что многие тела, вовсе не изоморфные между собою (в отдельном состоянии), могут быть изоморфами (7 параграф), т. е. образовать изоморфные соединения. Олово вовсе не изоморфно титану, потому что разность объемов обоих тел = 0,57, [1] а между тем окиси их изоморфны по кристаллической форме, и разность объемов рутила и оловянного камня равна не более, как 0,03. Серебро, не изоморфное натрию (Р. О. = 0,77), образует с хлором соединение, изоморфное хлори[67]стому натрию и для двух последних соединений разность объемов равна только 0,015; сернокислые соли обоих металлов также изоморфны, хотя окиси (AgO и NaO) их и не изоморфны. Копп полагает, что существуют три причины изоморфности соответствующих соединений (AB и AC) без изоморфности составных частей: A) Оба тела (B и C) или одно из них, при соединении, изменили свой объем; напр. при образовании NaCl Na уменьшил свой объем вдвое, так что разность между $^1/_2$ У. Об. Na и У. Об. Ag сделалась равною 0,1001, а в соединении с хлором еще меньше, т. е. 0,03; то же самое произошло почти во всех соединениях калия и натрия, но здесь сжался уже более калий, чем натрий. B) От того, что одноименное тело (A) в обоих соединениях взошло с одинаковым объемом; напр., S̈n изоморфно T̈i, потому что У. Об. кислорода в первом = 16, а во втором 32. В самом деле У. Об. T̈i = 56 и кислорода 32; а по правилу Коппа (сходному с правилом Шредера) удельный объем соединения равен

[1] Наибольшая Р. О. между телами самыми разнородными по У. Об., т. е. между углеродом и калием, не более 1,8; тогда как разность, например, между железом и мышьяком не более 1,1, а обыкновенно Р. О. для простых тел менее.

сумме объемов составных частей: выходит У. Об. $\ddot{T}i = 56 + 2(32) = 120$, что равно У. Об. рутила. Также У. Об. Sn = 101, следовательно У. Об. $\ddot{S}n = 101 + 2\,(16) = 133$, что также весьма близко к действительности (У. Об. $\ddot{S}n = 135$, $\ddot{T}i = 120$, табл. I). С) Третий случай изоморфизма соединений без изоморфности составных веществ

ТАБЛИЦА II

Для показания согласования, существующего между разностью удельных объемов и разностью кристаллических форм

		У. Об.	Кристаллическая форма
Свинцовый купорос	$\dot{P}b\dddot{S}$	304	∞ P 103° 43′ $\breve{P}\infty$ 75° 35′
Тяжелый шпат .	$\dot{B}a\dddot{S}$	322	∞ P 101° 42′ $\breve{P}\infty$ 74° 35′
Целестин	$\dot{S}r\dddot{S}$	299	∞ P 104° — $\breve{P}\infty$ 75° 40′
Корунд	$\dddot{A}l$	184	R 86° 4′
Железный блеск .	$\dddot{F}e$	191	R 86°
[69] Пироморфит .	$PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{P}$	2373	P 80° 44′
Миметезит	$PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{A}s$	2543	P 81° 47′
Апатит	$CaCl + 3\dot{C}a^3\ddot{P}$	2027	P 80° 20′
Апатит	$CaF + 3\dot{C}a^3\ddot{P}$	1975	P 80° 37′ [1]
Цинковый шпат .	$\dot{Z}n\ddot{C}$	176	Ось a=0,80708 R 107° 40′
Горькоземистый шпат	$\dot{M}g\ddot{C}$	181	a=0,81165 R 107° 25′
Мезитин шпат . .	$\widetilde{\dot{F}e\dot{M}g\ddot{C}}$	186	a=0,81498 R 107° 14′
Пистомезит	$\widetilde{2\dot{F}e\,3\dot{M}g\ddot{C}}$	178	a=0,81502 R 107° 13′
Железный шпат . .	$\dot{F}e\ddot{C}$	189	a=0,81926 R 107° 0′
Марганцевый шпат	$\dot{M}n\ddot{C}$	202	a=0,82182 R 106° 51′ [2]
Горький шпат . .	$\widetilde{\dot{C}a\dot{M}g\ddot{C}}$	200	a=0,83312 R 106° 15′ [3]
Известковый шпат	$\dot{C}a\ddot{C}$	229	a=0,85440 R 105° 5′

[1] По замечанию Кокшарова (Материалы для минералогии России 1, 331), форма хлор- и фтор-апатитов различается, даже тогда, когда примесь хлора очень мала, на несколько минут, особенно в наклонении пинакоида к пирамиде.

[2] 107° 20′ по Бертье, а $\dot{M}g\ddot{C}$ по Маршану и Шереру 108° 28′.

[3] Раммельсберг, и еще прежде его Бёдан, замечает, что формула и угол этого шпата стоит в средине между известковым и горькоземистым шпатами, $\frac{107°\,25' + 105°\,5'}{2} = 106°\,15'$. Заметим, что У. Об. находится в таком же отношении $\frac{181 + 229}{2} = 205$, что очень близко к 200. Притом в определении удельных весов легко могла вкрасться маленькая ошибка.

[70] Сурьмян. кр. сер. руда	$3AgS, SbS^3$	1183	R 108° 18′
Мышьяк. кр. сер. руда	$3AgS, AsS^3$	1115	R 107° 48′
Рутил	$\dot{T}i$	120	P 84° 40′ P∞ 65° 34′
Оловянный камень	$\dot{S}n$	135	P 87° 5′ P∞ 67° 50′
Хромовок. кали	$\dot{K}\dddot{C}r$	—	∞P 111° 10′
Сернокисл. кали	$\dot{K}\dddot{S}$	414	∞P 112° 22′
Селеновокислое кали	$\dot{K}\dddot{S}e$	—	∞P 111° 48′
Сернокислый аммиак	$\dot{A}m\dddot{S}$	—	∞P 111° 15′
Цинковый купорос	$\dot{Z}n\dddot{S} + 7\dot{H}$	886	монок. a : b : c = 0,98 : 0,56
Горькая соль	$\dot{M}g\dddot{S} + 7\dot{H}$	879	монок. a : b : c = 0,99 : 0,57
[71] Витерит	$\dot{B}a\ddot{C}$	287	a : b : c = 0,741 : 1 : 0,595 ∞P 118° 30′
Стронцианит	$\dot{S}r\ddot{C}$	256	a : b : c = 0,724 : 1 : 0,609 ∞P 117° 16′
Белая свинцовая руда	$\dot{P}b\ddot{C}$	260	a : b : c = 0,724 : 1 : 0,610 ∞P 117° 14′ [1]
Аррагонит	$\dot{C}a\ddot{C}$	212	a : b : c = 0,721 : 1 : 0,622 ∞P 116° 16′
Шеелит	$\dot{C}a\dddot{W}$	301	квадратная P 112° 1′
Желтая свинцовая руда	$\dot{P}b\dddot{M}o$	344	P 131° 35′
Шеелевая свинц. руда	$\dot{P}b\dddot{W}$	361	P 131° 30′

зависит только от то[68]го, что удельный объем соединений значительно больше У. Об. отдельно взятых веществ; например, Zn и Ni не изоморфны, но $\dot{Z}n\dddot{S} + 7\dot{H}$ и $\dot{N}i\dddot{S} + 7\dot{H}$ изоморфны. Для металлов Р. О. = 0,274, а для солей только 0,016.

7) Во всей силе проявляется и противный предыдущему закон, т. е. изоморфность составных веществ без изоморфизма соединений; напр., медь изоморфна с железом, кобальтом и никкелем, однако большая часть их соединений не изоморфны; титан, цинк и платина изоморфны, но в их соединениях нет никакого сходства. Причины очевидно могут быть три, как и при предыдущем явлении.

§ 31. Таким образом опровергнуты два положения Митчерлиха и в смысле атомистической теории *изоморфизм* стал сходством форм, *по причине одинаковости атомного строения и одинаковости объема атомных атмосфер.*

---

[1] Наибольшая близость между формами этих изоморфов существует для стронцианита и белой свинцовой руды. Их У. Об. стоят также очень близко. Заметим здесь, что многие формы изоморфных тел, получаемых искусственно, недостаточно изучены, а часто мы не знаем их удельного веса.

§ 32. Так как число атомов обратно пропор[72]ционально объему, принадлежащему каждому атому или удельному объему, то число атомов

$$rA = \frac{1}{\text{У. Об.}} = \frac{\Delta}{\pi},$$

а потому изоморфизм зависит и от сходства числа атомов, заключенных в равных объемах изоморфных тел. Леопольд Гмелин в таком виде предлагает закон Коппа. Потому причина изоморфизма изъясняется и одинаковостью числа атомов в равных объемах тел изоморфных.

§ 33. При определении удельного объема весьма важно обращать внимание на однообразность формул сравниваемых тел. Так, если сравнивать удельные объемы известкового шпата ($\dot{C}a\ddot{C}$) и мезитин шпата ($\dot{F}e\ddot{C} + \dot{M}g\ddot{C}$), т. е. 231 и 372, то очевидно, что мы не придем ни к какому результату, не отыщем сходства. Должно выразить формулу мезитин шпата через $\left\{\begin{matrix}\frac{1}{2}\dot{F}e\\ \frac{1}{2}\dot{M}g\end{matrix}\right\}\ddot{C}$ или просто $\dot{\overline{Mg}}\dot{F}e\ddot{C}$, и тогда его У. Об. будет равен 186 и Р. Об. для обоих шпатов будет незначителен.

§ 34. Все предыдущие явления изоморфизма во всей силе подчиняются двум законам: закону равного числа атомов, одинаково совокупленных (закон Митчерлиха), и закону сходства удельных объемов (закон Коппа). Таким образом выводится зависимость кристаллической формы как от стехиометрической [73] формулы, [1] так и от удельного объема, а потому, сравнивая два тела, мы можем встретить только восемь случаев:

Кристаллическая формула	Стехиометрическая формула	Удельный объем	
1. Одинаковая (§ 14)	одинаковая	одинаковый (§ 29)	для обоих тел
2. Одинаковая	одинаковая	разный	
3. Одинаковая	разная	одинаковый	
4. Одинаковая	разная	разный	
5. Разная	одинаковая	одинаковый	
6. Разная	одинаковая	разный	
7. Разная	разная	одинаковый	
8. Разная	разная	разный	

[1] Т. е. от общей химической формулы, показывающей, конечно условно, число атомов и их расположения, например, $\ddot{R}\ddot{S}$ есть стехиометрическая формула. Она отлична от элементарной эмпирической формулы, например, эмпирическая формула мезитин шпата $Fe,Mg,2C\,6O$, а стехиометрическая $\dot{R}\ddot{C}$ или $\dot{\overline{Mg}}\dot{F}e\ddot{C}$ и друг. (§ 9).

§ 35. *Первый* случай представляет полное согласие, какое только может существовать между двумя различными телами: такие тела изоморфны в тесном смысле этого слова, потому что для них и кристаллические формы и удельные объемы одинаковы, равно как и химический состав их сходствен. Копп дал этому отделу тел прекрасное название *изотомов*, или тел изотомных, т. е. равносоставленных или равночастных, от ἴσος равный и τόμος часть, от τέμνω рассекаю, делю на части. [74]Например железо, никкель, кобальт, сурьма и висмут, PbS и PbSe, рутил и оловянный камень, стронцианит и белая свинцовая руда, цинковый и магнезистый шпаты, кварцы и друг. суть изотомы. Вообще изотомы довольно редки.

Второй случай может быть довольно обыкновенен, а может быть и вовсе не существует. Для примера укажем ряд галоидных солей правильной системы (табл. I) NaCl, KCl, AgCl, AgBr, AmCl, KJ, KBr. Впрочем, может быть эти тела в действительности и неизоморфны, хотя мы и считаем их изоморфными, а решить это очень трудно, потому что они принадлежат к правильной системе. Есть примеры более яркие, напр., K$\ddot{N}$ и N$\dot{a}\ddot{N}$, As и Sbи др., но и здесь разность объемов часто изъясняется или различием в строении, или разностью иных физических условий.

Примеры *третьего* случая более редки и уже чисто случайны. Сюда принадлежат, напр., свинец (114) и окись кадмия (115), серебро и марганцевый блеск и друг.

Четвертый разряд тел, обладающих тождественною кристаллическою формою, но различными Уд. Об. и химическими формулами, довольно обширен, потому прилагаю особую таблицу, где собраны более известные примеры (табл. III).

[79] § 36. Первые четыре случая отношения формы и состава представляют подобие формы обоих сравниваемых тел, и потому такие тела носят название *изоморфов*, в обширном смысле (Копп); все остальные представляют тела с различными формами. Такие тела Копп назвал *анизоморфами* или телами разноформенными, разновидными, от ἄνισος неравный и μορφή вид. Изоморфизм во всех случаях, кроме изотомии (первого случая), получил от Коппа название *гомеоморфизма*, [1] (т. е. подобновидности от ὅμοῖος подобный и μορφή вид). Этим названием выражается мысль, что здесь существует только подобие формы и нет истинного причинного сходства. Анизоморфизм также распадается на два отдела: к первому относятся 5,[2]

[1] Гомеоморфизмом называют также такой изоморфизм, при котором величина углов не вполне, но только по приближению одинакова. Очевидно, что такое понимание и различение несправедливо.

[2] Сюда относятся тела: а) диморфные, потому что их удельный вес, а следовательно и У. Об. всегда очень сходен, и b) изоморфные в тесном смысле, по крайней мере многие, как по тому, что К о п п (Lieb. Ann. Chemie und Pharm. LII, 198) доказал для метамерных и изомерных соединений тождества удельного веса при соответствующих температурах, а следовательно и близость У. Об. при обыкновенной температуре, так и потому, что тела изоморфные в тесном смысле имеют одинаковый рациональный состав (?), т. е. и стехиометрическую формулу (§13, примечание).

[80]6[1] и 7[2] случаи из приведенных на нашей таблице, т. е. такие, в которых, несмотря на сходство в составе или удельном объеме, существует разность в кристаллических формах. Этим последним явлениям Коп дал название *гетероморфизма*, т. е. иноформенности, от ἕτερος другой и μορφή вид. Последний (8-ой) случай *анизоморфизма* есть совершенное различие в форме, строении и объеме двух тел, почему они и названы Коппом *анизотомами*, т. е. разносоставленными (от ἄνισος и τέμνω резать) телами, совершенно противоположными изотомам.

§ 37. Таким образом восемь случаев отношения двух тел по составу форм и объемам будут:

1	Изотомия [3]		
2	Гомеоморфизм	изоморфизм в обширном смысле	
3			
4			
[81] 5	Гетероморфизм	анизоморфизм	
6			
7			
8	Анизотомия		

По отношению к химическому составу, два тела могут быть химически изоморфными, изомерными и разносоставленными. Тела изоморфные химически обыкновенно бывают изоморфны и физически.

По отношению к удельным объемам, можно различить тела, имеющие равные и различные объемы. Многие из гомеоморфов имеют различные объемы, но они становятся равными, коль скоро мы разделим их на число атомов соответствующих тел. Удельный объем, деленный на число атомов, назван Дана восстановленным объемом. Об нем мы будем говорить под конец как об отделе более предположительном, а не столь достоверном, как то отношение, которое существует между Уд. Об. и изоморфизмом. Восстановленный объем служит отчасти для изъяснения гомеоморфизма, как Уд. О. для изъяснения изотомии.

§ 38. Исследования Митчерлиха и Коппа вполне уясняли изотомию и анизотомию — два предельные отношения тел по форме и химическому составу. Но эти исследования или оставили без внимания или отвергли гомеоморфизм и гетероморфизм, и во всяком случае вовсе не дали объяснения этим явлениям, столь многочисленным. В чем состоит при[82]чина их? Отчего в одном случае форма повинуется составу, а в другом нет? Отчего тела, совершенно разнородных составов, владеют тождественными формами? Что за природа того могущественного явления, которое назвали диморфизмом и коему приписано столь обширное явление — вопросы, прямо рождающиеся

---

[1] Pt и Bi, $\dot{P}b\ddot{C}$ и $\dot{Z}n\ddot{C}$, $\dot{M}n$ и $\dot{T}i$, $\dot{K}\dddot{S}$ и $\dot{N}a\dddot{S}$, $\dot{K}\ddot{N}$ и $\dot{S}e\ddot{N}$ и много других.

[2] Например: Mn и $\dot{S}n$, AgJ и $\dot{P}\ddot{N}$, Br (У. Об. 326). NaCl (325), Ag и $\dot{T}$ (130) и друг. случайные явления, а также все тела метамерные, ибо они имеют различные стехиометрические формулы и близкие У. Об. (Коп п).

[3] Или изоморфизм в тесном смысле.

ТАБЛ

Примеры гоме

		Пай	У. В.
[75] Гринокит	CdS	689	4,85
Иодистое серебро	AgJ	2936	5,50
Глауберит	$\dot{N}a\ddot{S} + \dot{C}a\ddot{S}$	1741	2,7
Авгит	$\dot{R}^3\ddot{S}i^2$	—	—
Сода	$\dot{N}a\ddot{C} + 10\dot{H}$	1790	1,45
Глауберова соль	$\dot{N}a\ddot{S} + 10\dot{H}$	2015	1,52
Бура	$\dot{N}a\ddot{B}^2 + 10\dot{H}$	2387	1,69
Аррагонит	$\dot{C}a\ddot{C}$	626	2,97
Селитра	$\dot{K}\ddot{N}$	1246	2,13
Бурнонит	$3(Cu,2Pb)SbS^3$	6494	5,8
Известковый шпат	$\dot{C}a\ddot{C}$	626	2,735
Кубическая селитра	$\dot{N}a\ddot{N}$	1065	2,26
Калистая селитра [1]	$\dot{K}\ddot{N}$	1264	2,13 (?)
Красная серебр. руда	$3AgS, SbS^3$	6860	5,80
Браунит [2]	$\ddot{M}n$	990	4,8
Медный колчедан	CuS, FeS^3	2293	4,2
Тяжелый шпат	$\dot{B}a\ddot{S}$	1436	4,51
Марганцовокислое кали	$\dot{K}\ddot{M}n$	—	—
Хлорнокислое кали	$\dot{K}\ddot{C}l$	—	—
[76] Сернокислое кали	$\dot{K}\ddot{S}$	1089	2,6
Марганцовистокислое кали	$\dot{K}\ddot{M}n$	—	—
Маскагнит *	$\dot{H}^4\ddot{N}\ddot{S} + \dot{H}$	937	1,7
Сернокислый натр	$\dot{N}a\ddot{S}$	—	—
Марганцовокислый барит	$\dot{B}a\ddot{M}n$	—	—
Сурьмяный блеск	SbS^3	2213	4,63
Горькая соль	$\dot{M}g\ddot{S} + 7\dot{H}$	1540	1,7

[1] Frankenheim, Pogg. Ann. XL, 447.

[2] Ряд гомеоморфов можно видеть в Sillim. Amer. Jour. (2) XVII, 210. $\dot{R}^3\ddot{S}b$) $\ddot{S}b$, идокраз ($\dot{R}^3\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i$) церазин ($PbCl + \dot{P}b\ddot{C}$) и хиалит ($3NaF + 2Al^3F^3$). Сход-

И Ц А III

оморфизма

У. Об.	Характер кристаллографический
144	Ось a = 0,81438, pb$^{\frac{1}{2}}$ 104° 52′, mb$^{\frac{1}{2}}$ 155° 10′, pm 90°
534	Ось a = 0,81438, pb$^{\frac{1}{2}}$ 105°, mb$^{\frac{1}{2}}$ 152°, pm 90°
645	моноклин. C = 68° 16′, P 116°, ∞P 83° 20′
654 (т. I)	C = 74° ∞P 87° 6′, P 120° 29′
1241	C = 57° 40′ ∞P 79° 41′
1326	C = 72° 15′ P 93° 12′, ∞P 86° 31′
1412	C = 73° 30′ P 120° ∞P 87°
212	∞P 116° 16′ $\breve{P}$∞ 108° 27′
593	∞P 119°, $\breve{P}$∞ 110°
1119	∞P 93° 40′ $\breve{P}$∞ 96° 31′
229	R 105° 5′
470	R 106° 30′
593	R 106° 36′
1183	R 108° 18′
206	} квадратной системы
546	
322	
—	} ромбической системы
—	
419	} ромбической ∞P 120° 24′
—	—
551	ромб. ∞ 107° 40′
—	} ромбической системы
—	
478	ромбическ. ∞P 90° 45′
906	ромбическ. ∞P 90° 38′

ство их форм доказал Дана; например, брауниту гомеоморфны: ромеин.

[* У Moissan в Traité de Chimie minerale озн. минерал не встречается. *Прим. ред.*]

		Пай	У. В.
Сера	S	200	1,957
Кислый сернокислое кали	$\dot{K}\dot{H}\dddot{S}$	—	—
Полевой шпат	$\dot{K}\dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i$	3543	2,55
Свинцовый блеск	PbS	1494	7,40
Полусернистая медь	CuS	992	5,6 (?)
Серебряный блеск	AgS	1550	7,21
Купроплумбит	$CuS_2 + 2PbS$	3980	6,42
Железный колчедан	FeS^2	750	5,0
Осмистый иридий	IrOs	2477	19,43
Магнитный колчедан	$6FeS + FeS^2$	4050	4,55
Медный блеск	CuS	992	5,6
Серебряно-медный блеск	CuS + AgS	2542	6,25
Корунд	$\dddot{A}l$	642	3,54
Ильменит	$\dot{F}e\dot{T}i$	592	4,68
Титанистое железо[1]	$\dddot{T}i3\ddot{F}e$	3906	4,93
Титанистое железо	$\dddot{T}i6\ddot{F}e$	6908	4,78
Красный железняк	$\ddot{F}e$	1001	5,24
Вивианит	$\ddot{F}e^3\ddot{P} + 8\dot{H}$	3143	2,65
Кобальтовые цветы	$\dot{C}o^3\dot{A}s + 6\dot{H}$	3532	2,95
[77] $\dddot{R}^2Si$	по определению Раммельсберга	1981	3,74
$\dddot{R}^3Si^2$		2277	3,66
$\dddot{R}^3Si^4$		5819	3,55
$\dot{R}^3Si^3 + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$	различные виды турмалина, по определению Раммельсберга (Pogg. Ann. 81—32)	5473—5553	3,05
$\dot{R}^3Si^2 + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$		6747—7076	3,1
$\dot{R}\,Si^2 + 6\dddot{R}\,\dddot{S}i$		9437—9752	3,2
$\dot{R}Si + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$		4488—4675	3,08
$\dot{R}Si + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$		5607—5639	3,04

[1] Титанистое железо содержит вообще $x\,\dddot{T}i + y\,\ddot{F}e$. Если x и y = 1, то полу-

Продолжение табл. III

102 — 1389	моноклиноэдрической системы
202 177 215 620 150	правильной системы
128	гексагональной P. 124°
890	— P. 127°
177 407	совершенно изоморфны
184	R 86° 4′
203 799 1445	R от 85° 40′ до 86° 10′
191	R 86°
1185	моноклиноэдрич. P. 119° 4′
1197	» P. 118° 23′
530 895 1639	формы ставролитов
1808 2217 3013 1464 1850	совершенно одноформенные, т. е. ромбоэдр их имеет конечные углы всегда 133 26′

нится $\dddot{T}i + \dddot{F}e$, что равно $\dot{F}e\ddot{T}i$.

		Пай	У. В.
Железный колчедан	FeS^2	750	5,0
Speiskobalt	CoAs	1308	6,6
Мышьяков. колчедан	$FeS^2 + FeAs$	2039	6,1
Марказит	FeS^2	750	4,7
Сернистый никкель	NiS	570	5,4
Купферниккель	Ni^2As	1679	7,2
Фенакит [1]	$\ddot{B}e\ddot{S}i$	941	3,00
Виллемит	$\dot{Z}n^3\ddot{S}i$	2098	4,15
Эвклаз	$(\ddot{A}l\ddot{B}e)^4\ddot{S}i^3$	3855	3,05
Датолит	$\dot{C}a^3\ddot{S}i + 3\dot{C}aB + 3\dot{H}\ddot{S}i$	6046	3,0
Берилл	$(\ddot{B}e + \ddot{A}l)\ddot{S}i^2$	1411	2,70
Пиросмалит	—	—	3,1
Эвдиалит	$\dot{Z}r^3\ddot{S}i^2 + 2\dot{R}^3\ddot{S}i^2$	7114	2,9
Диоптаз	$\dot{C}u^3\ddot{S}i^2 + 3\dot{H}$	2978	3,3
[78] Киноварь	HgS	1450	8,1
Кварц	$\ddot{S}i$	577	2,7
Сузаннит	$\dot{P}b\ddot{S} + 3\dot{P}b\ddot{C}$	6905	6,55 [2]
Магнитный колчедан	$6FeS + FeS^2$	4050	4,55
Гринокит	CdS	689	4,85
Сернистый никкель	NiS	570	5,4
Купферниккель	Ni^2As	1679	7,2
Нефелин	$\overline{NaK}^2\ddot{S}i + 2\ddot{A}l\ddot{S}i$ *	4011	2,61
Топаз	$\ddot{A}l^3\ddot{S}i^2(F = O)$	1300	3,5
Андалузит	$\ddot{A}l^3\ddot{S}i^2$	3074	3,15
Ставролит	$\ddot{A}l^2\ddot{S}i$	1857	3,7
Дискорзит	Ag^2Sb **	3312	—
Аррагонит	$\dot{C}a\ddot{C}$	626	2,97

[1] Гомеоморфизм всех остальных соединений доказал Дана. Я привожу его перевести на знаки Наумана, употребляемые мною.

[* Формула, приведенная у Moissan в Traité de Chimie minerale, $5Na^2Al^2Si^2O^8$.

[** По Moissan dyscrase имеет переменный состав. $K^2O\ 3Na^2O\ 4Al^2O^3\ 4SiO^2$,

Продолжение табл. III

150 198	правильной системы
334 159	ромбическая ∞P 111°50′ P∞ 53° 22′ ∞P 106° 36′ P∞ 64°
У. Об.	Характер кристаллографический
105 233	гексагональной системы
313	R = 116° 40′
507	R = 118° 30′
1264	1 : 1 = 114° 50′ a : b : c = 0,49 : 1 : 1,48
2015	1 : 1 = 115° 26′ a : b : c = 0,50 : 1 : 1,58
522	0 : 1 = 150° 3′ 0 : 2 = 130° 57′
—	0 : 1 = 148° 30′ 0 : 2 = 129° 3′
2455	0 : 1 = 148° 38′ 0 : 2 = 129° 4′
902	1 : 1 = 148° 38′ 0 : 2 = 129° 21′
179	$0 : \frac{1}{2}$ = 146° 32′ R = 92° 36′ 0 : 1 = 127° 6′
213	$0 : \frac{1}{2}$ = 147° 23′ R = 94° 15′ 0 : 1 = 128° 13′
105	$0 : \frac{1}{2}$ = 147° 27′ R = — 0 : 1 = 128° 3′
890	0 : 1 = 135° 16′ $0 : \frac{1}{2}$ = 153° 39′
144	0 : 1 = 136° 24′ $0 : \frac{1}{2}$ = 154° 32′
105	0 : 1 = 135° 15′ $0 : \frac{1}{2}$ = 153° 38′ } гексагональной системы
233	0 : 1 = 136° 35′ $0 : \frac{1}{2}$ = 154° 41′
1536	0 : 1 = 136° 0 : $\frac{1}{2}$ = 154° 13′
371	1 : 1 = 124° 19′ a : b : c = 0,90 : 1 : 1,89
977	1 : 1 = 127° 28′ (?) — = 0,95 : 1 : 2,03 } ромбической системы
501	1 : 1 = 128° 42′ — = 0,97 : 1 : 2,08
—	1 : 1 = 119° 59′ 0 : 1 e = 130° 41′
212	1 : 1 = 116° 10′ 0 : 1 e = 130° 50′ } ромбической системы

способ обозначения кристаллических форм, потому что его знаков я иногда не мог

[2] Материалы для Минералогии России Кокшарова I, 91. $K^2Al^2Si^4O^{12}$. Вообще этот минерал переменного состава. *Прим. ред.*].

Прим. ред.].

в голове каждого, обращающего внимание на разбираемый нами предмет. Не говорим еще о многих других коренных, прикасающихся к этому делу вопросах, подобных вопросам о причинности отношений между составом и формой, между формой и удельным объемом, [1] не говоря об них — вопросы, предложенные выше, не могли не вызвать к деятельности испытующий дух. Обширная область смелым предположениям! В наш век и эта область не осталась пустынной, ее населили и стройные гипотезы и игривые затеи фантазии, рядом с полновесным отчетом опыта и [83]высокие размышления, и шаткие бредни. Прошу позволить представить вам несколько жильцов этой области, жильцов более солидных, пользующихся большим авторитетом.

§ 39. Первый взгляд, брошенный на таблицу гомеоморфных тел (III таблица), замечает в ней ряд соединений, отличающихся по составу только двойственностью числа паев соответствующих тел. Рассмотрим несколько примеров этого.

§ 40. Есть целый ряд соединений, где два пая серы заменяют один пай мышьяка или сурьмы, без изменения формы, или входят в изоморфные смеси. Вот часть этого ряда:

Сернистый никкель NiS (Haarkies), купферниккель (Kupfernickel) Ni^2As^2.

Железный колчедан FeS_2 и шпейсовый кобальт (Speis-Kobalt) CoAs.

Кобальтовый блеск $Co \left\{ \begin{matrix} As \\ S^2 \end{matrix} \right.$ или $(CoS^2 + CoAs)$.

Никкелевый блеск $Ni \left\{ \begin{matrix} As \\ S^2 \end{matrix} \right.$ или $NiS^2 + NiAs$.

Сурьмяный никкелевый блеск $Ni \left\{ \begin{matrix} Sb \\ S^2 \end{matrix} \right.$ или $NiS^2 + NiSb$.

Мышьяковистый колчедан $Fe \left\{ \begin{matrix} As \\ S^2 \end{matrix} \right.$ и марказит FeS^2

[84]и многие другие соединения того же класса. В этих примерах или S^2 заменяется As как изоморфная примесь, или металлы соединяются с обоими телами отдельно, но во всяком случае эти примеры противоречат закону Митчерлиха: в них не равное число атомов замещает друг друга. Для того, чтобы примирить данное явление с законом Митчерлиха, Берцелиус, и с ним многие, говорят, что паи * As

---

[1] Думаю, что состав имеет влияние на форму настолько, насколько выражается в удельном объеме. В самом деле, несомненно, что разнообразнейшие по составу тела принадлежат к одной системе и следовательно сходны по форме. С другой стороны, объем и форма несомненно зависят друг от друга более, чем состав и форма, по крайней мере для предметов видимого мира. Но как бы то ни было, неестественно определяться форме одними объемом да содержанием; условия ее бесспорно более сложны, а в чем состоят они, — мы и не предвидим.

*[Теперь сказали бы молекула? *Прим. ред.*]

и Sb состоит из двух атомов. К тому же заключению приводят сравнения удельной теплоемкости мышьяка, сурьмы и фосфора, и объемов паров серы и фосфора (удельные объемы паров). Сделавши положение, что пай мышьяка состоит из двух атомов, а пай серы из одного атома, мы увидим полную симметрию в ряду вышеприведенных соединений: Ni^2As превратится в Ni^2As^2 или $N{:}As$, [1] и тогда представит совершенное сходство по стехиометрической формуле

$$\text{с } NiS \text{ или } Ni^{v}S \text{ (или } S = {}^{v}S); \; Fe \begin{cases} {}^{v}As^2 \\ {}^{v}S^2 \end{cases} \text{ и } Fe^{v}S^2 \text{ и так далее.}$$

[85]§ 41. Другой, не менее разительный пример представляет изоморфия полусернистой меди Cu^2S и сернистого серебра AgS. Каждое из этих тел диморфно и оба их видоизменения изоморфны друг другу. Cu^2S является в природе в виде ромбических призм и составляет медный блеск, а Митчерлих и Густав Розе получили искусственно то же самое соединение в форме октаэдров правильной системы. AgS наоборот, составляя серебряный блеск, один из обыкновенных минералов в серебряных рудниках, принадлежит правильной системе, а искусственно получено в ромбической системе. Кроме этого изодиморфизма равенство кристаллического характера AgS и Cu^2S подтверждается полным изоморфизмом между блесками медным и серебряно-медным, т. е. между Cu^2S и $Cu^2S + AgS$ или $\begin{matrix} Cu^2 \\ Ag \end{matrix}\Big\}$ S и тем, что иногда AgS и Cu^2S заменяют друг друга беспредельно, напр., в полибазите, состав которого по анализам Генр. Розе есть $9RS + RS^3$, где $RS = Cu^2S$ и AgS, а $RS^3 = AsS^3$ и SbS^3. Для изъяснения этого изоморфизма предложено разделить пай серебра пополам, чего также требует разница удельной теплоемкости пая меди и серебра. [2] И так $AgS = {}^{v}Ag^2S$, что и представляет [86]сходство атомного строения с Cu^2S. С уменьшением пая серебра, должно сделать то же самое и с паем натрия, с паями аммония и калия, потому что сернокислая окись серебра $\dot{Ag}^2\dddot{S}$ изоморфна с сернокислым натром. Формулу последнего должно изобразить ${}^{v}\dot{Na}^2\dddot{S}$, а натрий в свою очередь изоморфен с калием, с аммонием. Пай кали потому должен быть равен $\overset{\cdot}{{}^{v}K^2}$, окиси аммония $\overset{\cdot}{{}^{v}Am^2}$ (т. е. по Берцелиусу $\overset{\cdot}{{}^{v}H^3{}^{v}N^2}$). Таким образом переход от одного тела к другому заставляет делить на 2 паи весьма многих тел. На основании подобных же начал, пай

---

[1] ${}^{v}As$ означает пай, принятый по соображению удельных объемов (паров и твердых тел) в противоположность As, который принят по отношению к весу, входящему в соединение: $As = 2\ {}^{v}As$ или ${}^{v}As = {}^1/_2\ As$. Перед объемным паем и ставят букву ^{v}, чтобы показать зависимость такого пая от объемов (Volumen).

[2] Теплоемкость пая есть произведение удельной теплоемкости на пай. Удельная теплоемкость пая $Ag = 0{,}05701 \times 1350 = 76{,}96$, т. е. вдвое почти более, чем удельная теплоемкость пая $Cu = 0{,}09515 \times 396 = 37{,}68$.

хлора и всех с ним сходных галоидов делится пополам.[1] В самом деле еще Митчерлих (Ann. Ch. et Phys. XXIV) доказал изоморфность солей марганцевой ($\dot{\dddot{M}}n$) и хлорной ($\dot{\dddot{C}}l$) кислот, т. е. ClO^7 и Mn^2O^7.

§ 42. Таковое разделение пая объясняет многие явления в изоморфизме, и хотя уже давно было предложено, хотя многими отчасти и принято, но лучше всегда и в надлежащих границах выразилось в творениях Жерара и Лорана. Многие иссле[87]дования этих знаменитых химиков так последовательны и строги, что только новость и недавность введения их начал не обратили их во всеобщее употребление. Здесь не место раскрывать их; но нам еще не раз придется упомянуть о идеях Лорана и Жерара.

§ 43. Таким образом, разобранный нами отдел отчасти подведен под общий закон Митчерлиха. Менее счастлива была попытка по отношению к изоморфности некоторых других соединений. Известно, что калистая селитра $\dot{K}\dot{\dddot{N}}$ является в ромбической ($\infty P = 119°$) и в ромбоэдрической (как показал Франкенгейм) системах, равно как и кубическая селитра $\dot{N}a\dot{\dddot{N}}$. Эти обе соли в обоих видоизменениях изоморфны с углекислою известью (табл. III). Основываясь на предыдущих исследованиях, делят пай натрия (серебра), калия, азота и других тел пополам, так что формула селитры обращается в

$$\dot{K}\dot{\dddot{N}}^2 \text{ или}$$
$$K^2O,N^2O^5 \text{ или}$$
$$K^2N^2O^6$$

Удвоивая число паев в углекислой извести, или взяв два пая ее, получим:

$$2\dot{C}a\ddot{C} = Ca^2O^2C^2O^4 \text{ или}$$
$$Ca^2C^2O^6$$

Таким образом, один пай $\dot{K}\dot{\dddot{N}}$ изоморфен двум [88] паям $\dot{C}a\ddot{C}$, взятым вместе, потому что число, а может быть строение (приняв водородную теорию кислот) атомов одинаково в одном сложном атоме селитры и в двух сложных атомах углекислой извести. Это объяснение было предложено в первый раз Кларком,[3] потом Шавгочем.[4] Не оспариваем у этой идеи остроумия, но думаем, что другие способы объяснения будут, если не более достоверны и утверждены опытом, то по крайней мере также интересны, в особенности потому, что в них видна та гибкость и многосторонность, какая свойственна описываемым нами явлениям природы. Вскоре мы скажем о них несколько слов, а теперь остановимся пока на этом изъяснении и покажем некоторую его односторонность.

[1] Как в этом случае, так и во всех подобных, Берцелиус означает такой пай, перечеркивая чертой Cl, F, K и др., но это для нас неудобно, ибо мы употребляем минералогические формулы.

[2] Вместо $^2K^2O$ и $^2N^2O^5$.

[3] Th. Clark написал диссертацию: On a difficulty in isomorphism etc.

[4] Graf Franz Schaffgotsch, Pogg. Ann. 1839, XLVIII, 335.

Принимая его, мы не можем объяснить причины изоморфизма сернокислого натра $\dot{N}a\dddot{S}$ с марганцевокислым баритом ($\dot{B}a\dddot{M}n$), потому что удвоенный пай $\dot{N}a\dddot{S} = Na^4S^2O^8$, а эта формула не соответствует $BaMn^2O^8$. Напротив того, удваивая простой пай $\dot{N}a\dddot{S}$, получим

$$Na^2S^2O^8$$

и сравнивая с

$$BaMn^2O^8$$

[89] видим, что один пай Ba изоморфен двум паям Na. Точно также:

$$\dot{K}\ddot{N} = KN^2O^6, \text{ а}$$

$$2\dot{C}a\ddot{C} = Ca^2C^2O^6$$

т. е. один пай калия изоморфен двум паям кальция. Оно бы кажется и хорошо, да только странно то следствие, до какого мы доходим, следя за таким изоморфизмом одного пая тела двум паям другого тела, — выходит, что один пай Ca изоморфен 4 паям Ca. Действительно, Na изоморфен K, следовательно изоморфен 2Ca, а с другой стороны (по изоморфии $\dot{N}a\dddot{S}$ с $\dot{B}a\dddot{M}n$) пай Na изоморфен $\frac{Ba}{2}$, следовательно $\frac{Ca}{2}$, [1] так что Na изоморфен 2Ca и $\frac{Ca}{2}$, и $\frac{Ca}{2}$ изоморфен 2Ca, или пай одного тела изоморфен четырем паям самого себя! То же самое можно вывести, удвояя пай $\dot{P}b\ddot{N}$ для того, чтобы объяснить изоморфизм этой соли с $\dot{P}b\ddot{N}$. Следствие, повидимому, прямо противоречащее действительности. Но мы увидим в идеях Лорана и Жерара подтверждение и оправдание этого вывода.

§ 44. Более рационально и прочно, хотя не менее гипотетично изъяснение Персо. [2] Он говорит, что изоморфизм происходит от подобия объемного строения тел, — иначе: тела изоморфны, когда они построены из равного числа объемов соответствующих, [90]имеющих также равное объемное строение. Таким образом аррагонит, калистая селитра и тяжелый шпат [3] изоморфны, потому что составлены по объемам следующим образом:

$$\dot{C}a\ddot{C} \ldots\ldots \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема CO}\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема Ca}\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right.$$

$$\dot{K}\ddot{N} \ldots\ldots \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема } NO^2\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема K}\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right.$$

$$\dot{B}a\dddot{S} \ldots\ldots \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема } SO^2\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2 \text{ объема Ba}\\ 1 \text{ объем O}\end{matrix}\right.$$

[1] Ибо Ba изоморфен Ca.
[2] Persoz, An. Ch. et Phys. XL, 113.
[3] Изоморфизм этих трех веществ доказан Кобеллем.

Объяснение может быть вполне справедливое, но, к несчастью, имеющее мало доказательств в свое оправдание, в особенности по отношению к объемному образованию оснований. Важность значения объемов пред значением состава оправдывается взглядом Персо, состоящим в том, что каждое высшее соединение есть окись или вообще соединение низшего соединения как радикала. Так серная кислота есть окись сернистой кислоты $(SO^2)O$, азотная кислота есть окись азотноватой кислоты $(NO^4)O$ и т. д. Притом в образовании этих кислот участвуют два объема радикала SO^2 или NO^4 и др. и один объем кислорода. Предпочтение, данное объе[91]мам, делает гипотезу Персо во многих отношениях весьма справедливою и согласною с природою вещей. [1]

§ 45. По идее Жерара, так великолепно оправдавшейся над образованием спиртов и безводных одноосновных кислот, по этой идее строение солей соответствует строению воды, так что, означая его через

$$\begin{matrix} H \\ O \\ H \end{matrix}$$

получим соль, когда один пай водорода заменится радикалом кислоты, а другой радикалом основания. Например, уксуснокислое кали есть:

$$\begin{matrix} C^2H^3O \\ O \quad ^2 \\ K \end{matrix}$$

В двуосновных кислотах, напр., серной углекислоте (как доказал Жерар) и др., заменение производится между водородом двойного пая воды. Так серная кислота есть [92]

$$\begin{matrix} SO_2 \\ O_2 \\ H_2 \end{matrix}$$

а сернокислое кали

$$\begin{matrix} SO^2 \\ O_2 \\ K^2 \end{matrix}$$

Прилагая эти суждения к изоморфизму, мы не находим с первого разу строгого согласия между одноформенными телами.

Понятна еще изоморфия тяжелого шпата и аррагонита

$$\begin{matrix} SO^2 \\ O^2 \\ Ba^2 \end{matrix} \quad \text{и} \quad \begin{matrix} CO \\ O^2 \\ Ca^2 \end{matrix} \quad *$$

[1] Заметим здесь, что у весьма многих гомеоморфных тел удельные объемы находятся в простом отношении. Так, например, У. Об. селитры почти ровно в три раза больше У. Об. углекислой извести.

[2] Паи, употребляемые Жераром, суть: H = 1, O = 16, C = 12, S = 32, Cl = 35,5, J = 126, K = 39, Na = 23 и т. д. [Современные нам. *Прим. ред.*].

[* Употребляемые Жераром ат. веса Ba и Ca в настоящее время должны быть названы эквивалентами их. *Прим. ред.*].

но изоморфизм селитры и аррагонита, с первого раза, не ясен, потому что азотная кислота есть кислота одноосновная, а углекислота двуосновная:

$$NO^2 \qquad CO$$
$$O \quad \text{и} \quad O^2$$
$$K^2 \qquad Ca^2.$$

Впрочем, эта несимметричность формул не должна останавливать нас, ибо обе соли построены совершенно симметрично и однообразно, на манер воды, и если для двуосновных кислот берется двойной пай воды: [93]

$$H^2$$
$$O^2$$
$$H^2$$

то вовсе не потому, что здесь действительно идут в дело два пая воды, что замещение совершается в двух водяных атомах, а только для того, чтобы проще выразить самую сущность дела, т. е. замещение водорода не целым, но половинным паем радикала двуосновной кислоты. Иначе: радикал такой кислоты замещает два пая водорода, а радикал одноосновной кислоты один пай водорода. Таким образом, формула аррагонита превратится:

$$\frac{CO}{2}$$
$$O$$
$$Ca$$

Такой взгляд на образование солей, взгляд наиболее совершенный из всех прежних взглядов, допускает большую общность изоморфии, признавая всевозможную способность замещения. Быть может, это есть высший вывод, окончательный закон, к которому ведет нас изучение изоморфности тел и рассмотрение природы соединений.

§ 46. В самом деле, снова низойдя на наш обыкновенный способ воззрения на химическое строение тел, сколько случаев видим мы, где, без изменения формы, происходят разнообразнейшие замещения одних соединений другими.

[94]1) Мы видели уже, что 1 пай K и Na изоморфен Pb^2, Ba^2, Ca^2, Sr^2, Mg^2, Fe^2, Mn^2 и Zn^2. [1]

2) Что Pb^2, Sr^2 и Ba^2 изоморфны K и NH^4. [2]

3) Пай водорода иногда заменяет пай кислорода, не изменяя формы соединения. В самом деле, Никклес доказал, [3] что одноводная азоти-

---

[1] По изоморфности углекислых солей азотнокислым. G. Schaffgotsch, Pogg. An. XLVIII, 335.

[2] По изоморфности солей $\dot{\ddot{C}}l$ и $\dot{\ddot{M}}n$ с солями $\dot{\ddot{S}}$.

[3] Nickles, Jour. f. prakt. Chem. XLV, 374.

стокислая окись свинца изоморфна с азотнокислою окисью того же металла, т. е.

$$\dot{Pb}\ddot{\dot{N}} \text{ с } \dot{Pb}\ddot{N} + \dot{H} \text{ или}$$
$$PbONO^5 \text{ с } PbONO^3 + HO \text{ или}$$
$$PbNO^6 \text{ с } PbNO^5H \text{ или}$$
$$PbNO^5 + O \text{ с } PbNO^5 + H, \text{ т. е.}$$

водород заменил кислород, не изменив формы тела.

4) Браунит изоморфен с медным колчеданом, как показал Кобелль:

$$\ddot{\dot{M}}n = Mn^2O^3 = (Mn + Mn)O^3$$
$$Cu^2S + Fe^2S^3 = (Cu + Fe)S^2,$$

т. е. три пая кислорода изоморфны двум серы.

5) Бурнонит изоморфен аррагониту и белой свинцовой руде, следовательно, два пая углерода изоморфны двум паям меди + пай сурьмы, потому что бурнонит есть $(Cu^2S + 2PbS)SbS^3 = Pb^2 + S^6 + Cu^2 + Sb$, а белая свинцовая руда есть $PbOCO^2$ или два [95]пая $2(PbO, CO^2) = Pb^2 + O^6 + C^2$, т. е. $Cu^2 + Sb$ изоморфны C^2.

6) Один простой атом калия изоморфен четырем атомам, сложенным в виде аммония NH^4.

7) Хлор изоморфен синероду, т. е. NC^2.

8) KCl является в кубах, как и синеродистый аммоний AmCy = $= C^2H^4N^2$ (Гэй-Люссак).

9) Вилль (Will) получил квасцы, в которых кали замещен хинином, т. е. C^2HNO^2.

10) Оригоза (Origosa) заменил это основание кониином, т. е. $C^{16}H^{16}N$.

11) Лье (Lier, J. f. prakt. Chemie XLVI, 118) показал, что уксусно- и маслянокислые соли медной окиси принадлежат к моноклиноэдрической системе и между собой изоморфны. То есть:

$$CuO, C^4H^4O^4$$
$$CuO, C^8H^8O^4 \text{ и т. д.}$$

§ 47. Подобных изоморфных тел, где один атом тела заменяется несколькими атомами того же или другого тела, весьма много. Существование их несомненно, да и по смыслу атомистической теории это можно уяснить себе очень просто. Уподобим химическое соединение зданию, сложенному из камней. Форма и характер здания не изменится, если мы вместо камня вставим кирпич точно такой же величины. Так и в химическом соединении: пай одной составной части, заменяя пай другой, не на[96]рушает формы соединения. Но разве переменится форма нашего здания, когда мы вынем один камень и вставим вместо него два, три, *n* камней, или вообще вместо *m* камней вставим *n* таких камней, сумма объемов которых была бы равна *m*. Что ж препятствует в соединении *n* паям одного тела заменять *m* паев другого, если тела образованы из атомов.

Вот начала, на которых Шерер, бывший профессор в Христиании, [1] основал в 1846 году свою теорию полимерного изоморфизма. Обыкновенный изоморфизм происходит при замещении каждого пая другим паем и есть явление более простое — есть *мономерный изоморфизм*; когда заменяется *n* паев одного тела *m* паями того же или сходного с ним тела и не нарушается форма, происходит явление более сложное — *полимерный изоморфизм* (Шерер, Polymerer Isomorphismus).

§ 48. Поводом к такому расширению области изоморфизма послужили анализы минерала, найденного в Норвегии близ Крагеро (Krageröe) вместе с дихроитом (кордиеритом), кварцем, полевым шпатом и слюдой. Шерер назвал найденный минерал аспазидолитом (Aspasidolith). Форма его совершенно тождественна с формой дихроита; им [97]свойственна ромбическая призма в 120° [2] в комбинации с горизонтальным и обоими вертикальными пинакоидами (OP, $\infty\breve{P}\infty$ и $\infty\breve{P}\infty$). Кристаллы аспазидолита иногда совершенно отдельны, но чаще смешаны с дихроитом, даже часто в одном кристалле встречаются оба минерала, и тогда, по большей части, зерно или средина кристалла занята дихроитом. Впрочем, при всяком смешении легко отделить оба минерала, ибо они ясно отличаются своими физическими свойствами. Дихроит почти всегда аметистового цвета, иногда светло-синего, голубого, даже встречаются бесцветные и слегка буроватые дихроиты; цвет аспазидолита представляет разные оттенки зеленого цвета; твердость первого 7—7,5 (около кварца), второго 3—4 (между известковым шпатом и плавиковым). Стекловатый блеск дихроита вовсе несвойствен аспазидолиту, обладающему на площадях кристаллов жирным, а в изломе матовым блеском. Удельный вес первого 2,58—2,6, а второго 2,764. Химический состав кордиерита, по анализам Л. Гмелина, Штромейера, Бонздорфа, Томсона, Шитца (Schitz) и Жаксона (Jakson) (15 анализов) состоит средним числом из:

$\dddot{S}i$	47,9%	т. е.	24,89	кислор.	24,9	7
$\dddot{A}l$	32,1	»	14,99	»	15,0	3
[98] $\dot{M}g$ . . .	10,2	»	4,10	»		
$\dot{F}e$ [3]	7,6	»	1,69	»		
$\dot{M}n$	0,5	»	0,11	»	5,8	1
$\dot{C}a$	0,1	»	0,03	»		
$\dot{H}$	1,6	»	1,42	»		
	100,0 [4]					

[1] Ныне во Фрейберге.

[2] По измерению Брейтгаупта кордиериту свойственна призма в 119°10′.

[3] Вероятно часть железа входит в виде окиси $\dddot{F}e$.

[4] Замечательна точность суммы, а для вывода взято среднее из всех 15 анализов, помещенных Handw. Rammelsb. 174, I; Sup. 42, II, 40. Как здесь, так и во многих других местах, привожу самые анализы, которые я собирал и вычислял, желая проверить выводы Шерера.

А по анализу Шерера:

$\dddot{Si}$	50,4 %	т. е. 26,20	кислорода	5
$\dddot{Al}$	32,95 »	15,64	»	3
$\dddot{Fe}$	1,07 »			
$\dot{Mg}$	12,76 »	5,26	»	1
$\dot{Ca}$	1,26 »			
$\dot{H}$	1,02 »			
	99,36			

Оба анализа дают формулу, хотя не очень точную, однако довольно приближенную:

$$\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\dddot{Si}\ ^1$$

Аспазидолит, по двум анализам Шерера, содержит:

[99] $\dddot{Si}$	50,40,	т е.	26, 18 кислор.
$\dddot{Al}$	32,38	»	15, 12
$\dot{Mg}$	8,01	»	3,63
$\dot{Fe}$	2,34		
$\dot{H}$	6,73	»	5,98

Этот состав кое-как можно подвести под формулу

$$3\dot{R}\dddot{Si} + 4\dddot{Al}\dddot{Si} + 5\dot{H},$$

в которой нет никакого соответствия с формулой дихроита. Для того, чтобы уяснить себе подобие обоих минералов, Шерер предполагает, что в аспазидолите вода входит, как изоморф магнезии, но не пай вместо пая, а три пая воды вместо одного пая магнезии. Означим через $(\dot{R})$ пай магнезии и ее изоморфов, в числе которых вода входит в состав, как 3 пая против одного. [2] Так в аспазидолите содержание кислорода в $(\dot{R})$ равно количеству кислорода в $\dot{R}$, т. е. $3{,}63 + {}^1/_3\,5{,}98$, т. е. сложенное с $^1/_3$ количества кислорода в воде = кислорода в $(\dot{R}) = 5{,}62$. Таким образом содержание кислорода в аспазидолите

$\dddot{Si}$	$\dddot{Al}$	$(\dot{R})$
26, 18	15, 12	5,62

[1] Или, принимая формулу кремнекислоты с двумя паями кислорода, $2\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{Al}^2\dddot{Si}^3$.

[2] Чтоб делать вычисления, должно разделить содержание кислорода в воде на 3 и частное приложить к кислороду $\dot{R}$, сумма будет = содержанию кислорода в $(\dot{R})$.

т. е. [100] почти то же самое, что в дихроите, где (среднее)

$\dddot{Si}$	$\dddot{Al}$	$\dot{R}$
25,6	15,3	5,5.

Таким образом состав аспазидолита выразится формулой:

$$(\dot{R})^3\dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\dddot{Si},$$

т. е. совершенно сходственной с формулой кордиерита. [1]

§ 49. Против Шерера стали возражать многие. Науман говорил, что аспазидолит относится к кордиериту как продукт разложения, как псевдоморф к первоначальному минералу, потому и вода, содер[101]жащаяся в нем, есть вещество вводное и по количеству неопределенное; даже, говорит Науман, можно, по анализу Шерера, принять, что пай магнезии заменен не тремя, а четырьмя, даже пятью паями воды, т. е. состав аспазидолита по отношению к кордиериту можно выразить так: 2 аспазидолита = 2 кордиерита — (без) 1 пая $\dot{Mg}$ + 5 паев воды. Разница между этой формулой и анализом почти не больше разницы между анализом и формулой Шерера. При том, продолжает Науман, есть несколько других минералов, относящихся к кордиериту точно так же, как и аспазидолит; фалунит, [2] вейссит, [3] гигантолит, [4] хлорофиллит, [5] прозеолит, [6] эсмаркит, [7] пинит, [8] оозит, по [102]изысканиям Дана и Гайдингера, представляют не что иное как псевдоморфозы кордиерита, фазы различных степеней его разложения. Они, как аспазидолит, часто содержат внутри зерно неизменного кордиерита. Все это заставляет считать

---

[1] В первый раз высказывался Шерер в Ofversigt af K. Vet. Akad. Forhandlunger III, 26; далее IV, 69. Также Pogg. Ann. LXVIII, 319, 376, 381. Другие статьи его: Pogg. Ann. LXIX, 535; LXX, 407, 411; LXXI, 172, 285, 445; LXXIII, 155. Journ. f. p. Chem. L, 449, 385; LIII, 129. Pogg. Ann. LXXXIV, 321; LXXXV, 287, LXXXVII, 73. Handwört. Liebig, Pogg. und Wöhler (1849) IV, 170. Критические статьи: Jahresbericht Berzelius—XXVI, 328; Naumann J. f. p. Ch XXXIX, 196; XL, 1; Haidinger, Pogg. Ann. LXXI, 266; Blum, Die Pseudomorphosen des Mineralreichs und Nachtrag zu Ps. d. M. S. 53; G. Bischof, Lehrb. der Geologie II, 253, 279, 369, 403; Dana, Amer. Jour. II, Ser. IX, 217, 407; X, 221; Jour. f. p. Ch. LIV, 115, LV, 290; Rammelsberg, Handwörterbuch. 3. Suppl., 2 Suppl. IV, 4, Suppl. V, 5. Также Leonhard в Bronn's Jahrbuch 1846, 798; Pogg. Ann. 1851, 84, 410; Kühn, Archiv d. Pharmacie 1851, April.

[2] Бонсдорф описал этот минерал (Pogg. Ann. XVIII, 123) как соединение кордиерита с 2 паями воды, т. е. $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\dddot{Si} + 2\dot{H}$. Этот минерал найден в Финляндии близь Або, в Biskopsakern. Томсон назвал его бонсдорфитом и водным дихроитом (Hydrous Jolithe).

[3] Американский минерал $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 2\ddot{Al}\dddot{Si}^2$.

[4] Встречается около Tammela в Финляндии. По анализу Вахтмейстера (Trolle Wachtmeister), $\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si} + \dot{H}$.

[5] Этот американский минерал, по исследованиям Дана, Витнея (Whitney) и Гайдингера, равен кордиериту с четырьмя паями воды.

[6] По анализу Эрдмана, $\dot{R}^3\dddot{Si} + 3\ddot{Si}\dddot{Si} + 3\dot{H}$.

[7] В Норвегии, по Эрдману, $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\dddot{Si} + 3\dot{H}$.

[8] $\dot{R}^3\dddot{Si} + 3\dddot{Al}\dddot{Si}^2$, по анализу Кобелля.

аспазидолит и кордиерит не изоморфами, а псевдоморфами. К подобному же заключению приходит и Гайдингер, обращая особенное внимание на отсутствие извести и на большое содержание в кордиерите закиси железа. Блум (Blum), в своем учении о псевдоморфизме, и Бишоф, в своей Геологии, прямо говорят, что аспазидолит произошел при действии воды на дихроит, и никак не может быть одновременного происхождения с ним. Когда кристаллизуются два изоморфа из одного раствора, они смешиваются; здесь они ярко разделяются, следовательно должно предполагать, что раствор аспазидолита (или вода) появился уже после начала кристаллизации и стал облегчать кристалл кордиерита по закону возрастания кристаллов. Но откуда мог взяться такой раствор? Отчего нет переходов, обыкновенно встречаемых в подобных случаях? Да и почему очертание кордиеритового зерна неправильное — геометрическое? Вопросы, которых разрешить невозможно.

Эти возражения Шерер не оставил без ответа, и должно сознаться, что ответы стоили возражений. [103]В самом деле, всегда причина псевдоморфизма [1] есть какое-либо внешнее действие — влажность воздуха или что-либо подобное; какая же причина изменила кордиерит среди гранитной массы, составные части которой вовсе не изменились, а известно, что полевой шпат не принадлежит к отделу очень постоянных минералов. Да и где примеры псевдоморфов с неизменившимся содержанием кремнекислоты и с большим удельным весом против первоначального минерала? А предположить существование какого-то процесса, непостижимого для нас, не значит ли соглашаться со всеми возможными идеями, запутывать, а не распутывать узел? Столь же удачно и остроумно опровергает Шерер то возражение Наумана, что можно так же хорошо принять 4 и 5 атомов воды изоморфными 1 атому магнезии, как и 3 пая. Прочие замечания подверглись той же участи. Между прочим Науман говорил, что 3(Ḣ) или полимерное видоизменение воды H^3O^3 неизвестно в отдельном состоянии и что вода принадлежит к гексагональной, а не к правильной системе, как магнезия. Это замечание обличает незрелость возражений, как потому, что несуществование какого-либо химического радикала в отдельном виде не есть опровержение существованию его [104]в соединениях, так и потому, что многочисленные примеры подтверждают существование изоморфных соединений, составленных из гетероморфных составных частей. [2]

---

[1] Здесь не идет дело о параморфизме, какому, например, подвергается моноклиноэдрическая сера, арагонит при нагревании и многие другие.

[2] При этом случае Шерер излагает весьма любопытный, хотя и сомнительный, закон: кристаллическая форма соединения, образованного из A и B, или принадлежит одному из тел, т. е. A или B, взятых в отдельном состоянии, или эта форма есть особое сочетание — комбинация форм тел A и B. Так, глинозем, соединяясь с магнезией (шпинель $\dot{M}g\dot{A}l$), принимает форму первой и друг. Отношение кристаллической формы соединений к форме составляющих и к способу их соединения: Buys-Ballot (Pogg. Ann. LXVII, 433), Person, (L'Institut № 549) и друг.

Оставим затем этот частный случай, верен ли вывод Шерера или несправедлив — решить можно только местным исследованием; для нас важны те общие выводы, какие последовали за этим исследованием. Эти выводы весьма многозначительны как по отношению к изоморфизму, так и вообще к геохимизму. Хотя несомненно, что почти все, чего достиг Шерер, есть плод предположения, но эти, как и все разумные предположения, входят в ряд несомненных теорий при столь многочисленном фактическом подтверждении, какое нашли себе они в опытной части наших знаний. И должно сознаться, что многие из возражений, сделанных [105]новой теорией, показывают только одно неукоснительное упорство в старых мнениях, а ни одно из этих противоречий не смеет коснуться основных идей; все они только привязываются к мелким частностям, действительность которых всегда менее прочна, чем общность вывода или чем главный план.

§ 50. Мы уже видели, что начало учения Шерера есть *возможность изоморфного замещения всякого определенного числа паев одного тела определенным же, хотя и различным, числом паев того же или другого сходного тела.* Этот закон уясняет многие случаи гомеоморфизма, дает средства объяснить состав многих минералов гораздо точнее, чем прежде, и потому позволяет сделать более естественную группировку тел.

§ 51. Хотя область полимерного изоморфизма имеет значительные размеры, но особенно два случая полимерии, по стечению обстоятельств, были более развиты. Первый случай есть изоморфизм 1 пая магнезии (и ее изоморфов) с 3 паями воды, а второй — двух паев кремнекислоты с тремя паями глинозема. Проследим сперва эти два явления изомерии, а потом коснемся и других случаев. Заметим при этом, что мы станем держаться того обозначения, какое употребляет Шерер, т. е. станем означать через $\dddot{S}i$ [1] пай кремнекислоты, находящей[106]ся в изоморфной смеси с глиноземом, так что $3\ddot{A}l$ идут вместо $2\dddot{S}i$, а под знаком (R) будем разуметь окись из ряда окисей, изоморфных $\dot{M}g$, окись, часть которой замещена водой, так что $3\dot{H}$ заменили 1R.

§ 52. Кроме показанного нами примера (изоморфности кордиерита и аспазидолита), доказательством неизменности формы (изоморфизма или гомеоморфизма) при заменении $\dot{R}$ посредством (R) служат: 1) оливин и змеевик, 2) водные и безводные авгиты, 3) водные и безводные амфиболы, 4) вивианит и кобальтовые цветы, 5) пикросмин и монрадит, 6) фалунит, эсмаркит и пираргиллит и др. Рассмотрим некоторые из них.

1) *Оливин и змеевик.* Оливин или хризолит, или перидот, является ромбическими призмами ($\infty P = 130°2'$) и обыкновенно в комбинации

[1] Употребляем формулу кремнекислоты с тремя паями кислорода, потому что она принята во всех работах Шерера.
[Здесь кислород O = 8, а Si = 21. *Прим. ред.*].

с $\infty P \infty$ и $\infty \overset{\circ}{P} \infty$. Он состоит из $\dot{R}^3\dddot{Si}$,[1] где R = Mg, Fe, реже Ni, Co, Mn. Квенштедт (Quenstedt)[2] первый показал, что близ Снарум (Snarum), в Норвегии, змеевик является в кристаллах, изоморфных оливину. Впоследствии та[107]кие же кристаллы найдены в Монцониберге, в Тироле, в нескольких местностях Северной Америки (напр., в Jefferson-County), как показал Дана (Mineralogy, стр. 309, 310); Герман нашел их и на Урале (Journal f. pr. Ch. XLVI—222). Состав змеевика представляет, как известно, большую сбивчивость. Вот анализы нескольких видов его:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\dddot{Si}$	40,71	40,80	41,50	44,25	39,72	42,36	41,34
$\dddot{Al}$	2,39	3,02	—	4,90	—	—	—
$\dot{Mg}$	41,48	40,50	40,34	34,00	42,38	42,26	37,61
$\dot{Fe}$	2,43	2,20	4,10	3,67	1,66	1,98	5,54
$\dot{Mn}$	—	0,20	0,50	Ni	—	—	—
$\dot{Ca}$	—	0,42	—	—	—	C	—
$\dot{Na}$	—	—	0,42	—	—	—	—
$\dot{H}$	12,61	12,20	12,87	12,32	15,03	12,33	12,06
	99,62	99,34	99,73	99,14	97,79	98,93	96,55

I. Змеевик из Снарум, в Норвегии; по анализу Шерера, Pogg. Ann. XXVIII, 328.

II. Змеевик, по анализу Иванова, Горный журнал 1841 г. стр. 333.

III. Змеевик из Шварценберга, в Саксонии, по анализу Карстена, J. f. p. Ch. XXXVII, 167.

IV. Зеленый пикролит.

V. Змеевик из Канады, по анализу Гунта (Hunt).

VI. Обыкновенный змеевик из Саля (Sala).

[108]VII. Змеевик из Вилла-Рота (Villa-Rota), по анализу Делесса (Handw. Ramm.).

Состав различных сортов змеевиков ближе всего подходит под формулу:

$$2\dot{Mg}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{Mg}\dot{H}^2$$ [3]

по крайней мере, по выводу Раммельсберга (III Supp. Handwörterb. Ramm. стр. 110), для которого основанием служило 13 анализов. Содержание кислорода, выведенное из этих анализов:

---

[1] По анализам Берцелиуса, Клапрота, Штромейера, Вальштедта и друг. Иногда состав его $\dot{R}^2\dddot{Si}^2$, как около Гримма (Grimma), по анализу Штромейера.

[2] Pogg. Ann. XXXVI, 376.

[3] Герман дает формулу $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 2\dot{H}$.

		$(\dot{M}g + Fe) : \ddot{S}i + (\ddot{A}l) :$		$\dot{H}$	
	1.	16,79	: 21,65	: 12,27	мармолит, по анализу Лихнеля.
	2.	16,21	: 21,64	: 15,08	пикролит из Филипштадта, по анализу Штромейера.
	3.	17,08	: 22,31	: 10,68	змеевик из Снарум, по анализу Гартвалля.
	4.	17,05	: 22,27	: 11,21	змеевик из Снарум, по анализу Шерера.
	5.	17,59	: 22,00	: 11,00	змеевик из Гульсьо (Gullsjö), по анализу Мозандера.
	6.	15,29	: 21,63	: 11,43	пикролит из Таберга, по анализу Лихнеля.
[109]	7.	17,27	: 21,90	: 10,96	змеевик из Саля, по анализу Лихнеля.
	8	17,15	: 22,44	: 10,15	змеевик из Массачузета, по анализу Лихнеля.
	9.	16,40	: 23,10	: 10,33	змеевик из Горношита (Gornoschit), по анализу Шавгоча.
	10.	17,40	: 21,15	: 12,31	змеевик из Фалуна по анализу Маршанда.
	11.	16,65	: 22,60	: 10,68	змеевик с Урала, по анализу Иванова.
	12.	17,06	: 21,15	: 11,44	змеевик, из Шварценберга, по анализу Карстена.
	13.	16,78	: 22,75	: 11,08	змеевик из Техаса (Texas), по анализу Раммельсберга.
		218,72	286,59	146,26	

Все эти вычисления сделаны Раммельсбергом в 1847 году, когда пай магния принимали равным 151,33. Принявши новый пай, т. е. 154,5, получим для суммы отношения содержания кислорода:

в	$\dot{R}$	:	$\ddot{S}i$	:	$\dot{H}$
	203,12*	:	286,59	:	146,62
	8,5	:	12	:	6,1

[110] По формуле Раммельсберга, отношение в содержании кислорода должно быть следующее:

204,95 : 286,59 : 143,36

$\dot{R}$	:	$\ddot{S}i$	:	$\dot{H}$
9	:	12	:	6

то есть разность против анализов:

для $\dot{R} = -1{,}83$ и для $\dot{H} = +3{,}26$, или

для $\dot{R} = -0{,}5$ а для $\dot{H} = +0{,}1$

* [Не ясно, чем вызвано расхождение чисел: 218,72 и 203,12. *Прим. ред.*].

Шерер предложил для объяснения изоморфности змеевика с оливином принять во внимание полимерный изоморфизм $3\dot{H}$ с $\dot{M}g$. На основании этого легко объясняется то различие содержания воды, какое наблюдали в змеевике, именно: от 4% [1] до 21%; тогда как по приведенной выше формуле этого изменения невозможно объяснить. Притом новая формула змеевика совершенно подходит к формуле оливина.

$$\text{Оливин } \dot{R}^{3}\dddot{Si}, \text{ где } \dot{R} = \dot{M}g,\ \dot{F}e,\ \dot{M}n$$

$$\text{Змеевик } (\dot{R})^{3}\dddot{Si}, \text{ где } \dot{R} = \dot{M}g,\ \dot{F}e,\ \dot{M}n \text{ и } (\dot{H})$$

По последней формуле содержание кислорода должно иметь следующее отношение:

$$\begin{array}{c} (\dot{R}) : \dddot{Si} \\ 286{,}59 : 286{,}59 \\ 3 : 3 \end{array},$$

[111], а по вышеприведенным анализам, отношение между кислородом основания и кислородом кислоты равно:

$$\begin{array}{c} (\dot{R}) : Si \\ 251{,}99\,^{*} : 286{,}59 \\ 2{,}6 : 3 \end{array}$$

Т. е. разность против формулы для $(\dot{R}) = 34{,}60$ или $= 0{,}4$. Хотя эта разность, взятая по отношению к среднему выводу из анализов, и превышает разность для прежней формулы, однако в большей части частных случаев новая формула имеет равное достоинство со старой, а часто и превосходит ее. Приведем несколько примеров.

По формуле $2\dot{R}^{3}\dddot{Si}^{2} + 3\dot{M}g\dot{H}^{2}$		По формуле $(\dot{R})^{3}\dddot{Si}$	
$\dot{R} : \dddot{Si} : \dot{H}$		$(\dot{R}) : \dddot{Si}$	
16,84 : 22,27 : 11,21 [2]		20,58 : 22,27	
16,71 : 22,27 : 11,14		22,27 : 22,27	
+ 0,13	+ 0,07	— 1,69	

Змеевик из Снарум, по разложению Шерера:

16,21 : 21,64 : 13,06		20,56 : 21,64	
16,23 : 21,64 : 10,82		21,64 : 21,64	
— 0,02	+ 2,24	— 1,08	

[1] Rammelsberg Handwört. Supp. V, 209. Это наблюдал Геффте.

[* Это число снова другое и не имеет объяснения. *Прим. ред.*].

[2] Первая строка показывает вывод содержания кислорода по анализу, вторая — по формуле.

[112] Пикролит из Филипштадта, по анализу Штромейера:

16,4 : 23,1 : 10,33	19,84 : 23,1
17,31 : 23,1 : 11,54	23,1 : 23,1
—0,91 —1,21	—3,26

Змеевик из Горношита (Gornoschit), по анализу Шавгоча:

16,78 : 22,75 : 11,08	20,47 : 22,75
17,07 : 22,75 : 11,38	22,75 : 22,75
—0,29 —0,30	—2,28

Змеевик из Техаса, по анализу Раммельсберга:

15,81 : 20,68 : 12,17	18,87 : 20,68
15,51 : 20,68 : 10,34	20,68 : 20,68
+0,30 +1,83	—1,81

Змеевик с Урала, разложенный Германом:

17,12 : 21,80 : 12,18	21,08 : 21,80
16,35 : 21,80 : 10,90	21,10 : 21,80
+0,77 +1,28	—0,02

Вогезский хризотил, разложенный Делессом (Delesse):

21,40 : 21,79 : 3,56	22,58 : 21,79
16,35 : 21,79 : 10,90	21,79 : 21,79
+5,15 —7,34	+0,78

Змеевик из Снарум, разложенный Геффтером. *

Из взятых примеров особенно замечателен последний, для которого формула Раммельсберга вовсе не годится.

[113]Против этого второго примера полимерного изоморфизма делали то же самое возражение, как против изоморфности аспазидолита и дихроита: говорили, что кристаллы змеевика суть псевдоморфы оливина. Оставляем эти споры в стороне, потому что при том и другом из противоположных решений выводы Шерера для нас интересны и важны: если змеевик изоморфен оливину, мы можем объяснить причину (конечно, как и всегда, причину только ближайшую) этой изоморфности; если змевик есть псевдоморф оливина, мы узнали закон разложения, правило псевдоморфного замещения.

Заметим здесь, что Шерер вовсе не считает одинаковыми химическое значение магнезии и полимерного видоизменения воды $3\dot{H}$; он вовсе не утверждает (хотя и предполагает), что тела $A + \dot{M}g$ и $A + 3\dot{H}$ будут так же сходны, как калистые и аммиачные квасцы, как виды углекислых ромбоэдрических шпатов, как корунд и железный блеск, вообще как изотомы; нет, он говорит только, что соединения $A + \dot{M}g$

* [В подлиннике данные анализа Геффтера не даны, и следующая фраза теряет свой смысл. *Прим. ред.*].

и $A + 3\dot{H}$ имеют одинаковую форму, что $\dot{M}g$ и $3\dot{H}$ формально механически играют одну и ту же роль, нисколько не простирая равенства между ними и на химические свойства.

2) *Безводные и водные авгиты.* Точные анализы Томсона, Кёлера, Генриха Розе и др. показали, что многие авгиты, особенно диаллаг, бронзит, салит, [114]содержат иногда до 4,9% воды. При вычислении состава таких авгитов обыкновенно не обращали внимания на воду и приближенно подводили под общую формулу авгитов

$$\dot{R}^5\ddot{\ddot{S}}i^2$$

где $\dot{R} = \dot{C}a, \dot{M}g, \dot{F}e, \dot{M}n$ и др.

Шерер объясняет присутствие воды полимериею ее и дает авгиту формулу:

$$(\dot{R})^3\ddot{\ddot{S}}i^2$$

Для подтверждения, рассмотрим несколько анализов:

	I	II	III	IV
Кремнекислоты	58,30	51,34	53,74	56,41
Извести	9,89	18,28	7,73	—
Магнезии	24,22	15,69	25,09	31,50
Закиси марганца	0,68	8,23	11,51	6,56
Закиси железа	4,24	—	0,23	3,30
Глинозема	0,11	4,38	1,34	—
Воды	3,11	2,11	3,76	2,38
	100,55	100,03	103,40	100,15

I. Салит из Саля в Швеции, по анализу Густава Розе.
II. Диаллаг из Зальцбурга, по анализу Кёлера.
III. Диаллаг из Басте, по анализу Кёлера.
[115]IV. Бронзит из Штейермарка, по разложению Реньо.

По этим анализам, содержание кислорода будет по формулам:

$$\dot{R}^3 : \ddot{\ddot{S}}i^2 \quad \text{и по} \quad (\dot{R})^3 : \ddot{\ddot{S}}i^2$$

	$\ddot{\ddot{S}}i(\ddot{A}l)$:	$\dot{R}$:	$\dot{H}$	$\ddot{\ddot{S}}i$:	$(\dot{R})$
I.	30,27 :	13,58 :	2,76	30,27 :	14,50
	30,27 :	15,13 :	0,00	30,27 :	15,13
		— 1,55	+ 2,76		— 0,63
II.	28,76 :	13,09 :	1,88	23,76 :	13,72
	28,76 :	14,38 :	0,00	28,76 :	14,38
		— 1,29	+ 1,88		— 0,66
III.	28,24 :	13,83 :	3,30	28,24 :	14,93
	28,24 :	14,12 :	0,00	28,24 :	14,12
		— 0,29	+ 3,30		+ 0,81
IV.	29,33 :	14,56 :	2,11	29,53 :	15,26
	29,33 :	14,66 :	0,00	29,33 :	14,66
		— 0,10	+ 2,11		+ 0,60

Из приведенных примеров очевидно, что новая формула точнее удовлетворяет составу многих авгитов, хотя с другой стороны можно было бы объяснить присутствие воды простым мономерным изоморфизмом ее с $\dot{R}$. Тогда разность в количестве кислорода для наших 4-х случаев будет равна: для 1-го + 1,21; для 2-го + 0,59; для 3-го + + 5,01 [116] и для 4-го + 2,01, т. е. во всяком случае меньше, чем разность, получаемая при обыкновенном способе воззрения на состав подобных минералов и на роль воды.

3) Между *водяными и безводными амфиболами* существует точно такое же отношение, как между водными и безводными авгитами. Между амфиболами встречаются такие, которые содержат до 3 и более процентов воды; например, Томсон нашел в антофиллите из Перта (Perth), в верхней Канаде, до 3,55% воды; Гесс в кристаллическом асбесте из Питкаранда, на Ладожском озере, открыл до 2,00% воды. Обыкновенная формула амфиболов

$$\dot{R}\dddot{S}i + \dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

или короче $\dot{R}^{4}\dddot{S}i^{3}$, где $\dot{R} = \dot{C}a, \dot{F}e, \dot{M}g, \dot{M}n$
По Шереру формула амфибола будет:

$$(\dot{R})\dddot{S}i + (\dot{R})^{3}\dddot{S}i^{2} \quad \text{или}$$

$$(\dot{R})^{4}\dddot{S}i^{3}$$

где $\dot{R} = \dot{C}a, \dot{M}g, \dot{F}e, \dot{M}n, 3\dot{H}$ и др.

4) *Вивианит и кобальтовые цветы.* Густав Розе в своей кристаллографии (Elemente der Krystallographie) указал на изоморфность обоих минералов. Оба они принадлежат к моноклиноэдрической системе, являются комбинациями (∞ P ∞), ∞ P ∞ [117], P ∞, измерения которых между собой очень близки. Состав вивианита из разных местностей есть следующий:

	I	II	III	IV	Среднее
$\dot{F}e$	45	41,0	41,23	44,10	42,8
$\dddot{P}$	21	26,4	31,18	27,17	26,2
$\dot{H}$	34	31,0	27,48	27,95	30,1
	100	98,4	99,89	99,22[1]	99,1

I. Из Иль-де-Франса, по анализу Ложье.
II. В. из Боденме (Bodenmais), по анализу Фогеля.
III. В. из Сентанжа (S. Anges) в Корнваллисе, по анализу Штромейера.
IV. В. из Делавара (Delaware), по анализу В. Фишера.

[1] Находили в составе вивианита и другие составные начала, но очень мало, а Раммельсберг говорит, что в нем часть железа входит в виде окиси.

Эти анализы ближе всего подходят к формуле, предложенной Кобеллем:

$$\dot{Fe}^{3}\ddot{P} + 8\dot{H}.$$

Разность в содержании кислорода между средним выводом из анализов и формулой

для $\dot{Fe}$	:	$\ddot{P}$	:	$\dot{H}$
9,50	:	14,67	:	26,76
8,79	:	14,67	:	23,44
+ 0,71				+ 3,32

[118]Состав кобальтовых цветов выражается очень точно формулой Бухгольца (Buchholz), Берцелиуса и Керстена:

$$\dot{Co}^{3}\ddot{As} + 6\dot{H}.$$

Такое различие атомного строения двух изоморфных соединений понуждало думать, что состав того или другого не очень точно известен, но точные опыты подтвердили прежние анализы. Взгляд Шерера изъясняет близость форм обоих минералов сходством формул, принимая полимерную изоморфность $3\dot{H}$ с $\dot{R}$. В самом деле, приняв это, состав кобальтовых цветов прямо выразится:

$$(\dot{R})^{5}\ddot{As},$$

потому что $6\dot{H} = 2(\dot{R})$. И состав вивианита близко подходит к той же формуле. Содержание кислорода:

	в $(\dot{R})$		в $\ddot{P}$
По анализу	18,42	:	14,67
По формуле	14,67	:	14,67
	+ 3,75		

Полученная разность почти равна разности, полученной по старой формуле, но все-таки значительна. Впрочем, она много уменьшается, когда мы возьмем частные случаи. Так, взявши анализ Штромейера, получим разность не более +0,03.

[119]5) *Пикросмин и монрадит*, два сходственных минерала Богемии (II анализ Магнуса) и Норвегии (I анализ Эрдмана), по разложению дали следующие выводы:

	I	II
$\ddot{Si}$	56,17	54,89
$\dot{Mg}$	31,63	33,35
$\dot{Fe}(\dot{Fe})$	8,56	1,40
$\ddot{Al}$	—	0,79
$\dot{Mn}$	—	0,42
$\dot{H}$	4,04	7,30

Откуда содержание кислорода в монрадите:

$$\dddot{Si} : \dot{R} : \dot{H} = 29{,}18 : 14{,}15 : 3{,}59$$

и в пикросмине:

$$\dddot{Si}\,(+\dddot{Al}) : \dot{R} : \dot{H} = 28{,}76 : 13{,}51 : 6{,}49$$

Так что первый из минералов выражают формулой:

$$4\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{H}$$

а второй:

$$2\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{H}$$

Гораздо большей точности и единства достигает общая для них формула Шерера:

$$(\dot{R})^2\dddot{Si} + (\dot{R})^3\dddot{Si}^2$$

Действительно, содержание кислорода

	$(\dot{R}) : \ddot{Si}$
В монрадите	15,35 : 29,18
В пикросмине	15,67 : 28,76

[120] что очень близко к отношению, требуемому формулой.

6) *Фалунит, пираргиллит* и *эсмаркит*, три минерала, сходственные по общему виду и принадлежащие вероятно к ромбической системе, представляют довольно различные составы и приближенно выражаются формулами:

Фалунит $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + {}^3\dot{R}\,\dddot{Si} + 6\dot{H}$, по анализу Бонздорфа и $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + \dot{R}\,\dddot{Si} + 2\dot{R}Si^2$, по анализу Тролле Вахтмейстера.

Пираргиллит $3\dot{R}\,\dddot{Si} + 4\dot{R}\,\dddot{Si} + 12\dot{H}$, по анализу Норденшильда, и $\dot{R}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si} + 4\dot{H}$, по анализу Берцелиуса.

Эсмаркит $\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{R}\,\dddot{Si} + 3\dot{H}$, по разложению Эрдмана.

Шерер всем им дает общую формулу, более точную, чем все предыдущие:

$$(\dot{R})^3\dddot{Si} + 2\dot{R}\,\dddot{Si}$$

В самом деле, содержание кислорода:

	$\dddot{Si} : \dot{R} : (\dot{R})$
В фалуните	22,9 : 14,1 : 7,3 = 3 : 2 : 1
В пираргиллите	22,8 : 13,5 : 7,3 = 3 : 2 : 1
В эсмарките	23,9 : 15,0 : 7,4 = 3 : 2 : 1

Как и требует новая формула.

§ 53. Второй частный случай полимерии, как мы уже сказали, есть изоморфность $2\ddot{Si}$ с $3\dddot{Al}$. При[121]нимая состав кремнекислоты за $\ddot{Si}$ (вместе с Л. Гмелиным, Германом, Науманом и др.), один пай $\ddot{Si}$ *изоморфен паю* $\dddot{Al}$, что гораздо проще. Уже Бонздорф (Schweigg.

Journ. XXXI — 414, XXXV — 123), при анализе различных сортов амфиболов (роговой обманки), заметил, что содержание глинозема весьма изменчиво в различных экземплярах одного и того же минерала. Уже Бонздроф показал, что при этом глинозем замещает кремнезем и играет роль кислоты. Прилагая это правило к своим анализам, Бонздорф вывел заключение, что глинозем не пай за пай замещает кремнезем, но два пая кремнезема замещаются тремя паями глинозема, или один пай $\dddot{S}i$ тремя вторыми $\dddot{A}l$.

Последующие изыскания открыли, что во многих минералах иногда вовсе не содержится глинозема, а иногда напротив встречается значительное количество этой земли.

Ложье (Laugier) в диопсиде из Мусса (Mussa Alpe), Розе в черном кристаллическом авгите из Таберга, Берцелиус в буром малаколите из Дагеро в Финляндии, Томсон в ангите из Нью-Джерсея (New Jersey), Бек (Back) в светлом авгите из Нью-Йорка, Герман и Раммельсберг в родоните, по названию Германа, или фовлерите, по названию американских минералогов из Нью-Джерсея (New Jersey) вовсе не[122] нашли глинозема, тогда как многочисленные анализы показали большее или меньшее содержание глинозема в авгите. Кудернаш (Kudernasch) в авгитах разных местностей нашел от 4,02 до 6,68% глинозема; Норденшильд (Nordenskiold) в авгите из Паргаса 6,56%; Клапрот в авгите из Фраскати до 5%; Буланже (Boulanger) в диаллаге 12,6%; Мюир (Muir) и Дюфренуа в гиперстене отыскали от 4,07 до 9,31% глинозема.

Точно то же должно сказать об амфиболе, гедрите, тальке, неолите и об многих других минералах.

Принимая в соображение оба рассмотренных нами вида полимерного изоморфизма, получим формулу авгита:

$$(\dot{R})^3[\dddot{S}i]^2,$$

по которой следует иметь содержание кислорода:

$$[\dot{R}] : [\dddot{S}] = 3 : 6 = 1 : 2.$$

И действительно, все почти точные анализы очень точно подходят под отношение, требуемое формулой Шерера.

На тех же основаниях формула амфибола выразится:

$$\dot{R}\dddot{S}i + (\dot{R})^3[\dddot{S}i]^2, \text{ или } (\dot{R})^4[\dddot{S}i]^3$$

Точно так же формула неолита (из Арендаля, в Норвегии) будет:

$$[123](\dot{R})^3[\dddot{S}i]^2,$$

потому что в составе его, по двум анализам Шерера, 7,53 и 10,27 глинозема и 4,04 и 6,28 воды (Pogg. Ann. LXXI—285).

§ 54. Третий вид полимерии, по исследованию Шерера, состоит в способности двух паев воды замещать пай окиси меди. Не станем говорить об этом частном виде полимерии, потому что основанием ему служил полный изоморфизм либетенита и оливенита при неодинаковости атомного строения, но новые исследования отчасти сближают атомное строение обоих минералов. Притом этот последний вид по-

лимерного изоморфизма не имеет того большого применения, той общности, как два первые, и потому остановимся еще несколько времени на двух первых видах.

§ 55. Покажем в нескольких чертах область применения выводов Шерера. Постараемся расположить выбранный материал в порядке, более удобном для сравнения, и заметим, что при изложении мы только иногда будем приводить анализы, по большей же части покажем только средние выводы содержания кислорода.

§ 56. A) *Кремнекислые соли магнезии и ее изоморфов.*

1) *Гольмит* или *гольмезит*, по анализу Платтнера (Plattner), содержит:

[124] $\dddot{S}i$	21,4%	11,11	Кислор.	11,11	
$\dddot{A}l$	46,7	21,81	»	23,10	
$\dot{F}e$	4,3	1,29	»		
$\dot{M}g$	9,8	3,57	»	7,50	
$\dot{C}a$	12,5	3,57	»		
$\dot{H}$	3,5	3,11	»	3,11	

Этот вывод не подходит под обыкновенную формулу, [1] но довольно точно соответствует формуле

$$(\dot{R})[\dddot{S}i].$$

По ней разность в содержании кислорода не более 0,31.

2) *Тальк* из Преснитц, по анализам Шерера, содержит $\dddot{S}i$, $\dddot{A}l$, $\dot{M}g$, $\dot{F}e$ и $\dot{H}$ в такой пропорции, что среднее содержание кислорода (по 5 анализам) есть следующее: $\dddot{S}i : \dot{R} : \dot{H} = 35{,}50 : 10{,}65 : 3{,}55$. Это соответствует формуле:

$$(\dot{R})\dddot{S}i$$

Pogg. Ann. 1851, LXXXIV, 385.

3) *Зеленая веронская земля* подходит под формулу:

$$(\dot{R})[\dddot{S}i]$$

[125]Bibliothèque univers. de Genève 1848, Mai.

§ 57. 4) *Амфиболитовый тальк.* Под этим именем Шерер, после своих многочисленных, весьма точных и интересных исследований, соединил те сорты талька, которые подходят под общую форму амфибола $(\dot{R}^4)[\dddot{S}i]^3$, или, как пишет Шерер, $(\dot{R})[\dddot{S}i] + (\dot{R})^3[\dddot{S}i]^2$. Мы соединили оба члена в один, имев при этом намерение упростить самую формулу и избежать самопроизвольности в размещении составных частей, и желали избежать того упрека, который справедливо делают многим из формул, выражающих состав минералов.

Состав различных минералов, подходящих под отдел амфиболитовых тальков, есть следующий:

[1] Правда, что Кюн (Kühn) дает формулу $(\dddot{R}\dddot{S}i + [\dddot{R}\dddot{S}i + \dot{H}]) + 12\ \dddot{R}\dddot{S}i$, но такую формулу можно подобрать ведь для всякой смеси.

	Процентное содержание					Содержание кислорода
	$\dddot{Si}$:	$\dddot{R}$	$\dot{Mg}$	$\dot{R}$ (кроме $\dot{Mg}$)	$\dot{H}$ в	$[\dddot{Si}] : (\dot{R})$
I.	62,38	—	31,19	1,62	4,73	32,39 : 14,23
II.	62,11	—	31,15	1,82	4,73	32,26 : 14,27
III.	61,54	—	30,56	2,66	4,93	31,95 : 14,27
IV.	61,69	—	30,62	2,62	4,94	32,17 : 14,29
V.	64,98	0,04	30,41	1,59	5,04	32,20 : 14,01
VI.	62,03	0,03	30,62	1,89	5,04	32,22 : 14,16
VII.	61,85	0,13	31,61	1,54	3,13	32,15 : 14,50
VIII.	61,63	0,16	31,37	1,59	5,13	32,05 : 14,42
IX.	60,95	0,48	31,29	1,78	5,29	31,80 : 14,46
[126] X.	61,16	0,46	31,17	1,79	5,31	31,90 : 14,44
XI.	60,14	1,20	30,17	2,33	5,71	31,55 : 14,28
XII.	60,31	1,24	29,94	2,41	5,87	31,65 : 14,35
XIII.	62,34	0,35	31,96	0,61	4,82	32,48 : 14,55
XIV.	62,55	0,44	32,00	0,73	4,84	32,61 : 14,40
XV.	62,37	0,32	32,62	0,65	4,81	32,49 : 14,38
XVI.	56,95	5,64	30,09	0,94	6,07	31,25 : 14,04
XVII.	57,1	5,50	30,11	1,07	6,07	31,27 : 14,08
XVIII.	60,85	1,71	32,08	0,09	4,95	31,13 : 14,32
XIX.	62,85	1,44	30,76	0,62	4,55	33,07 : 13,82
XX.	62,15	1,01	33,04	0,45	3,21	32,59 : 14,27
XXI.	61,51	6,83	30,93	3,82	2,84	32,20 : 14,30
XXII.	56,74	—	24,35	18,32	1,67	29,46 : 13,83
XXIII.	57,60	3,20	29,30	5,65	3,55	30,91 : 14,25
XXIV.	54,98	1,56	13,38	7,83	1,45	29,03 : 12,35
XXV.	61,96	—	31,02	1,47	4,92	32,17 : 14,20
XXVI.	62,29	0,15	31,55	1,22	4,83	32,39 : 14,32
XXVII.	62,47	0,13	32,08	0,47	4,78	32,48 : 14,36
XXVIII.	62,69	0,12	32,41	0,39	4,70	32,58 : 14,44
XXIX.	62,03	—	31,14	1,88	4,96	32,21 : 14,46
XXX.	61,98	—	31,17	1,48	4,81	32,18 : 14,22
XXXI.	62,07	0,39	31,13	1,69	4,83	32,35 : 14,26
XXXII.	62,53	—	31,32	1,34	4,78	32,37 : 14,25
XXXIII.	62,18	—	30,46	2,53	4,97	32,29 : 14,22
XXXIV.	61,48	—	31,27	1,65	4,86	31,92 : 14,32
XXXV.	62,30	6,06	31,32	1,62	4,89	32,37 : 14,34
XXXVI.	61,17	—	28,45	0,06	9,83	31,76 : 14,05
XXXVII.	61,49	—	28,13	0,72	9,82	31,95 : 14,12
[127] XXXVIII.	61,50	—	28,39	0,08	9,74	31,83 : 14,06
XXXIX.	58,20	—	27,73	1,53	9,64	30,22 : 13,39
XXXX.	60,45	0,11	28,19	0,09	9,57	31,42 : 13,50

I и II. Благородный тальк из Тироля, по анализу Шерера.
III и IV. Тальк яблочного цвета из Норвегии (из Yttre-Sogn), по анализу Шерера.
V и VI. Тальк яблочного цвета из Ропас (Roraas) в Норвегии, по разложению Шерера.
VII и VIII. Тальк из Раубьери (Raubjery), по разложению Шерера.
IX и X. Тальк из Тироля, по разложению Шерера.
XI и XII. Тальк (Topfstein) из Цоблица, по разложению Шерера.
XIII и XIV. Тальк из Швейцарии, по анализу Шерера и Рихтера.
XV. Тальк из Мотерна (Mautern), по анализу Шерера.
XVI и XVII. Тальк (Schaalentalk) из Фалуна, по анализу Шерера.
XVIII, XIX и XX. Тальк с Сен-Готарда, по анализу Шерера.
XXI. Асбестовидный тальк с Сен-Готарда, по анализу Шерера.
[128]XXII. Антофиллит из Конгсберга (Kongsberg), по разложению Вопелиуса.
XXIII. Антофиллит из Канады, по анализу Томсона.
XXIV. Антофиллит из штата Нью-Йорка, с реки Гудзон, по анализу Томсона.
XXV и XXVI. Тальк из Пиемонта, называемый «Verhärterter Talk», по анализу Шерера.
XXVII и XXVIII. Такой же тальк из Глокниц (Glocknitz), по анализу Шерера и Рихтера.
XXIX. Жировик из Вунзидель (Wunsiedel), по анализу Рихтера.
XXX, XXXI и XXXII. Оттуда же жировик, по анализу Шерера.
XXXIII. Жировик из Пармы, по анализу Рихтера.
XXXIV и XXXV. Агальматолит из Китая, по анализу Шерера.
XXXVI и XXXVII. Пенка, привезенная из Турции, по анализам Шерера и Рихтера.
XXXVIII. Пенка, привезенная из Греции, по анализу Шерера.
XXXIX и XXXX. Пенка неизвестных местностей, по анализам Рихтера и Шерера.
[129] (Заимствовано из Annalen d. Phys. u. Ch. von Poggendorf, LXXXIV).

Все исчисленные минералы составляют один минеральный ряд; уже давно видели сходство физических свойств многих тальков, жировика, антофиллита и пенки, но в составе их не могли найти никакого единства и потому считали их совершенно различными родами, даже иногда очень далеко ставили их друг от друга в системе. Шерер, изучая их, пришел к многим, весьма интересным результатам. Состав всех, названных выше, минералов выражается одной формулой, принимая полимерию воды и глинозема. Эта формула, как мы уже сказали, есть формула амфибола:

$$(\dot{R})^4[\ddot{\dddot{S}}i]^3$$

Точность ее можно проверить, смотря на содержание кислорода в $[\ddot{\dddot{S}}i]$ и $(\dot{R})$, выставленное в последнем столбце нашей таблицы. Почти везде с точностью около 0,5% содержание кислорода $(\dot{R}) = \frac{4}{9}$ содер-

жания кислорода в $[\dddot{Si}]$, как того требует самая формула.

Таким образом изъясняется та неопределенность и сбивчивость, какую представляли прежние анализы тальков, антофиллитов, жировика и пенки. Сверх того Шерер наглядно и ясно доказал, что все предложенные выше минералы не только по формуле, но и по происхождению, по строению, со[130]вершенно одинаковы: все они суть степени разложения амфибола. При разложении известь замещалась магнезиею и часть последней водою. Многие, как антофиллит и азбестовидный тальк, совершенно сохранили форму амфибола; многие удержали листопрохождение, некоторые почти потеряли структуру амфибола, как жировик, а пенка вовсе стала аморфною, т. е. совершенно потеряла уже строение того минерала, из которого произошла. Заметим при этом прекрасный закон, выведенный Шерером: при постепенном замещении извести и закиси железа водою уменьшается наклонность образовать отчетливые кристаллы, но увеличивается ясность листопрохождения. Этот закон поверяется и над рядом авгитовых тальков и авгитов. Амфиболитовый тальк составляет только один отдел тальков. Шерер доказал, что формула и происхождение других тальков принадлежат авгитам и что есть еще третий род тальков, не подходящий ни под тот, ни под другой вид и имеющий формулу $(\dot{R})[\dddot{Si}]$.

Прежние анализы и выводы часто очень близко подходят под формулу Шерера, но иногда довольно отдалены. Причину этого должно искать в неточном (обыкновенно в излишке) определении содержания воды, как то показал Шерер и чего он очень остроумно постарался избежать. Амфиболитовый тальк, по анализам Клапрота, Вокелена, Ко[131]белля, Делесса и Мариньяка из Грейнера (Greiner), С.-Готарда, Пруссианска, Целлерталь и Шамуни получил формулу $3\dot{Mg}\dddot{Si} + \dot{Mg}^3\dddot{Si}^2$ или $\dot{Mg}^6\dddot{Si}^3$, где вода, по изменчивости своего количества, совершенно пренебрежена. Лихнелль (Lichnell) дает пенке из Лаванта формулу $\dot{Mg}\dddot{Si} + \dot{H}$, что совершенно соответствует формуле Шерера, ибо $3(\dot{Mg}\dddot{Si} + \dot{H}) = \dot{Mg}^3\dddot{Si}^3 + 3\dot{H} = (\dot{Mg})^4\dddot{Si}^3$. Коббелль дал жировику формулу $\dot{Mg}^6\dddot{Si}^5 + 4\dot{H}$; Вальхнер (Walchner) $\dot{Mg}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{H}$; Раммельсберг $\dot{Mg}^9\dddot{Si}^8$ и Лихнелль $\dot{Mg}^4\dddot{Si}^5$. По анализам Шерера многие виды амфиболитового талька, выражаясь вообще стехиометрической схемой (Stechiometrisches Schema) $(\dot{R})^4[\dddot{Si}]^3$, в частности одни подходят под формулу $\dot{R}^6\dddot{Si}^5 + 2\dot{H}$, некоторые под формулу $\dot{R}\dddot{Si} + \dot{H}$. Принимая только обыкновенный изоморфизм (мономерный), можем выразить состав всех амфиболитовых тальков и амфиболов формулой: $ma + nb$, т. е. каждый из этих минералов состоит из двух стехиометрических элементов, входящих известное число раз в соединение $a = \dot{R}^4\dddot{Si}^3$ и $b = 3\dot{R}\dddot{Si} + 3\dot{H}$.[1] Таким образом всякий амфибол и

[1] Позднее Герман изъяснил состав пироксенов, принимая, что в них $a = \dot{R}^4(\dddot{Si})^3$ и $b = \dot{R}^2(\dddot{Si})^3$, также $\dot{R}^2(\dddot{Si})^2$ и $\dot{R}^2(\dddot{Si})^3 + 3\dot{H}$ (Bull. d. S. natur. de Moscou 1852, III; 206 etc.).

амфиболитовый тальк = ma + nb. Пределы изменений этой формулы будут когда n или m = 0. Когда n = 0, остается a, т. е. неизменившийся амфибол; когда m = 0, остается b, т. е. [132] пенка m(3$\dot{M}g\ddot{S}i$+3$\dot{H}$) или $\dot{M}g\ddot{S}i + \dot{H}$. Итак, мы имеем два предела — неизмененный амфибол и левантскую пенку; все же амфиболитовые тальки суть промежуточные соединения и по составу и по происхождению. Великолепный и в минералогии беспримерно точный вывод!

Вот ряд минералов, подтверждающих понятие о постепенности в составе ряда амфиболов и амфиболитовых тальков. Лучистый камень из Таберга, по анализу Бонздорфа, есть $\dot{R}^{4}\ddot{S}i^{8}$ без воды и глинозема, т. е.

$$a + 0b.$$

Тремолит с Сен-Готарда, по анализу Рихтера,[1] соответствует:

$$9a + b,$$

т. е. $9\dot{R}^{4}\ddot{S}i^{3} + 3\dot{R}\ddot{S}i + 3\dot{H}$ или $\dot{R}^{13}\ddot{S}i^{10} + \dot{H}$.

Асбестовидный тальк из Сен-Готарда соответствует (XXI).

$$3a + b,$$

т. е. $3\dot{R}^{4}\ddot{S}i^{3} + 3\dot{R}\ddot{S}i + 3\dot{H}$ или $\dot{R}^{5}\ddot{S}i^{4} + \dot{H}$.

Тремолитовидный тальк из Рейхенштейна, по анализу Рихтера,[2] соответствует

$$[133]2a + b,$$

т. е. состоит из $\dot{R}^{11}\ddot{S}i^{9} + 3\dot{H}$.

Тальк из Тироля (I и II)

$$3a + 2b,$$

т. е. $\dot{R}^{6}\ddot{S}i^{5} + 2\dot{H}$.

Тальк из Фалуна (XVI—XVII) и крокидолит, по анализу Штромейера, соответствуют

$$a + b,$$

т. е. $\dot{R}^{7}\ddot{S}i^{6} + 3\dot{H}$.

Турецкая пенка (XXXVI—XXXVII),

$$a + 3b$$

т. е. $\dot{R}^{13}\ddot{S}i^{12} + 9\dot{H}$.

Левантская пенка,[3] по анализу Лихнелля, соответствует:

$$0a + b,$$

т. е. $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{H}$.

---

[1] $\ddot{S}i$ 60,60, $\ddot{A}l$ 6,32, $\dot{M}g$ 25,43, $\dot{C}a$ 11,85, $\dot{F}e$ 0,50 и $\dot{H}$ 1,20.

[2] $\ddot{S}i$ 58,89, $\ddot{A}l$ 0,69, $\dot{M}g$ 23,27, $\dot{C}a$ 9,57, $\dot{F}e$ 3,79, $\dot{H}$ 3,60.

[3] $\ddot{S}i$ 60,87, $\dot{M}g$ 27,80, $\dot{H}$ 11,29 и до 0,09 $\ddot{R}$.

Обе предельные формы в чистом виде очень редки и все обыкновенные амфиболы более или менее содержат член b.

5) Формула *амфибола* (роговой обманки, тремолита, грамматита, лучистого камня, арфведсонита, трахита и др.) есть

$$(\dot{R})^4[\dddot{S}i]^3.$$

[134]§ 58. 6) То же самое отношение, какое существует между амфиболитовым тальком и амфиболом, то же отношение существует и между *авгитовыми тальками* и авгитами. Общая формула есть

$$(\dot{R})^3[\dddot{S}i]^2.$$

Эта стехиометрическая схема состоит из двух стехиометрических элементов $a = \dot{R}^3\dddot{S}i^2$ и $b = 2\dot{R}\dddot{S}i + 3\dot{H}$. Таким образом, каждый авгит и авгитовый тальк есть

$$ma + nb$$

Пределы этой формулы: $\dot{R}^3\dddot{S}i^2$ — авгит и $2\dot{R}\dddot{S}i + 3\dot{H}$ — неизвестный минерал. Вот постепенный ряд минералов этого отдела:

a + 0b, т. е. $\dot{R}^3\dddot{S}i^2$, авгит, напр., диопсид из Мусса (Mussa-Alpe), по разложению Ложье; авгит из Acio-Yessoy, по разложению Томсена, и др. авгиты без воды и $\dddot{R}$.

12a + b, т. е. $\dot{R}^{38}\dddot{S}i^{26} + 3\dot{H}$, диопсид из Рехенштейна, по анализу Рихтера ($\dot{H}$ — 1,19%).

6a + b, т. е. $\dot{R}^{20}\dddot{S}i^{14} + 3\dot{H}$, диопсид из Зальцбурга, по анализу Кёлера ($\dot{H}$ — 2,11); бронзит из Ультеналя, по анализу Реньо ($\dot{H}$ — 1,80); азбест из Тироля (аммиант), по анализу Шерера ($\dot{H}$ — 2,36); нефрит, по анализу Шерера; бронзит из Гульзена, разложенный Реньо, и др.

[135]4a + b, т. е. $\dot{R}^{14}\dddot{S}i^{10} + 3\dot{H}$ диаллагон из Траунштейна, по анализу Реньо (воды 3,32%); тальк из Бернарда, по анализу Берцелиуса (3,50% воды).

3a + b, т. е. $\dot{R}^{11}\dddot{S}i^8 + 3\dot{H}$ неолит из Арендаля (воды 4,04%), по анализу Шерера.

3a + 2b, т. е. $\dot{R}^{13}\dddot{S}i^{10} + 6\dot{H}$ темный неолит из Арендаля, по анализу Шерера ($\dot{H}$ — 6,26), и некоторые другие неолиты.

4a + 3b, т. е. $\dot{R}^{14}\dddot{S}i^{14} + 9\dot{H}$ тальк из Гастейна; диаллагон стоит в таком же месте между истинными авгитами и их тальками,

как антофиллит между амфиболами и амфиболитовыми тальками.

§ 59. 7) *Спадаит* $(\dot{R})^5\dddot{S}i^3$

8) *Пикросмин* $(\dot{R})^5\dddot{S}i^3$

9) *Монрадит* $(\dot{R})^5\dddot{S}i^3$

10) *Ксантофиллит* из Златоуста $(\dot{R})^2[\dddot{S}i]$

11) *Афродит*, по разложению Берлина, состоит из $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 2\dot{H}$, но состав его гораздо точнее выражается формулой:

$$[136](\dot{R})^2\dddot{S}i$$

12) *Пиросклерит* $2(2\dot{R}^3\dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i) + 9\dot{H}$; по формуле Кобелля

$$(\dot{R})^2[\dddot{S}i]$$

13) *Пикрофиль*, по разложению Сванберга (Swanberg), есть $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 2\dot{H}$ или точнее

$$(\dot{R}^2)\dddot{S}i$$

14) *Хоникрит*, Кобелль выражает его состав через:

$$3\dot{R}^3\dddot{S}i + 2\dddot{A}l\dddot{S}i + 6\dot{H}.$$

	$\dddot{S}i$:	$\dddot{A}l$:	$\dot{R}$:	$\dot{H}$[1]
По формуле Кобелля содержание кислорода	18,5 :	8,0 :	12,8 :	8,0
	18,5 :	7,4 :	11,1 :	7,4
		+0,6	+1,7	+0,6

	$[\dddot{S}i]$:	$(\dot{R})$
По формуле $(\dot{R})^2[\dddot{S}i]$ Шерера содержание кислорода	23,9 :	15,5
	23,9 :	15,9
		+ 0,4

Итак, формула $(\dot{R})^2[\dddot{S}i]$ гораздо точнее.

15) *Сейберит*, разложенный Клемсоном,

$$(\dot{R})^2[\dddot{S}i]$$

[137]16) *Антигорит*, разложенный Швейцером,

$$(\dot{R})^9[\dddot{S}i]^{4\,2}$$

---

[1] Налево стоят величины содержания кислорода по новым формулам, направо по старым. Вверху — найденные, под ним — вычисленное количество кислорода.

[2] Эту формулу Шерер изображает $2(\dot{R})^2\dddot{S}i + (\dot{R})^2[\dddot{S}i]^2$, чтоб показать соотношение с составом других минералов, но мы все подобные формулы представили в виде одночленных.

17) *Шиллершпат* содержит, по анализам Кёлера, составные части в таком количестве, что отношение кислорода в $\dddot{Si} : \dot{R} : \dot{H}$ равно 22,7 : 1,55 : 13,64 : 11,04 (среднее). Раммельсберг на основании этого дает формулу: $(3\dot{R}\dddot{Si} + 2\dot{H}) + 2\dot{M}g\dot{H}$), [1] а Кёлер $4\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 3\dot{M}g\dot{H}^4$; сумма разностей для первой формулы равна 3,0, для второй 2,5. Шерер предлагает формулу:

$$(\dot{R})^9[\dddot{Si}]^4.$$

По этой формуле разность в содержании кислорода в $\dot{R}$ и $[\dddot{Si}]$ против анализа равна только 0,7.

18) *Оливин* $(\dot{R})^3\,\dddot{Si}$

19) *Змеевик* $(\dot{R})^2\,\dddot{Si}$

20) *Хризотиль* $(\dot{R})^3\dddot{Si}$, по анализу Делесса

$[138]\dddot{Si} : \dddot{Al} : \dot{R} : \dot{H} = 21,8 : 0,2 : 17,4 : 12,1$ или $(\dot{R}) : [\dddot{Si}] = 21,9 : 21,4$. Разность $= 0,5$ [2]

21) *Дерматин* $(\dot{R})^3\dddot{Si}$; по прежней формуле:

$$\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 6\dot{H}\ (\dot{R} = \dot{M}g, \dot{F}e, \dot{M}n, \dot{C}a, \dot{N}a)$$

$\dddot{Si}$	$\dot{R}$	$\dot{H}$	$\dddot{Si}$	$(\dot{R})$
19,7	12,0	21,0	19,7	19,0
19,7	9,9	19,7	19,7	19,7
	+2,1	+1,3		−0,7

22) *Гидрофит*, по анализу Сванберга, получил формулу $\dot{R}^2\dddot{Si} + 2\dot{H}$.

$$(\dot{R})^3\dddot{Si}$$

$\dddot{Si}$	$\dot{R}$	$\dot{H}$	$\dddot{Si}$	$(\dot{R})$
18,8	13,3	14,3	18,8	18,1
18,8	12,5	12,5	18,8	18,8
	+0,8	+1,8		−0,7

23) *Девейлит*, по анализу Шиперда (Shepard), имеет следующее отношение в содержании кислорода $\dddot{Si} : \dot{R} : \dot{H} = 20,8 : 15,9 : 17,8$

[1] Есть ли хоть малейшее основание располагать таким образом составными частями? Отчего не написать $3\dot{R}\dddot{Si} + \dot{M}g^2\dot{H}^5$ или $3\dot{R}^5\dddot{Si}^3 + 5\dot{H}$?

[2] Кюн дает хризотилю формулу

$$\dot{M}g\dddot{Si} + (\dot{M}g\dddot{Si} + \dot{H}) + \dot{M}g\dot{H} + \frac{1}{20}\,\dot{F}e\begin{cases}\dddot{Fe}\\ \frac{1}{4}\,\dddot{Al}\end{cases}$$

что не подведено под обыкновенную формулу, тогда как [139]очень близко выражается полимерической формулой:

$$(\dot{R})^3\,\dddot{S}i,$$

где $\dot{R}$ по преимуществу $\dot{M}g$.

24) *Гимнит* $(\dot{M}g)^3\dddot{S}i$ по анализу Томсена.

25) *Хлорофеит* $(\dot{F}e)^3\dddot{S}i$. по разложению Форшгаммера (Forschhammer).

§ 60. B) *Соединения кремнекислых и глиноземокислых солей, т. е. алюминато-силикаты.*

26) *Клинохлор*, в недавнее время прекрасно описанный Кокшаровым, [1] есть тот самый минерал, который Кобéлль (Kobell) называл рипидолитом, а Густав Розе хлоритом.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$\dddot{S}i$	31,25	31,14	30,38	32,68	30,27	31,34
$\ddot{A}l$	18,72	17,14	16,97	14,57	19,89	17,47
$\dot{M}g$	32,08	34,40	35,97	33,11	33,13	33,44
$\dot{F}e$	5,10	3,85	4,37	5,97	4,42 ($\dddot{F}e$)	3,86 $\dddot{F}e$
$\dot{M}n$	—	0,53	—	0,28	—	1,69 $\ddot{C}r$
$\dot{H}$	12,63	12,20	12,63	12,10	12,54	12,60

I и II. Кл. из Ахматовска, по анализу Кобелля.
III. Он же, по анализу Варентрапа.
[140]IV. Кл. из Шварценштейна, по анализу Кобелля.
V. Кл. из Ахматовска, по анализу Мариньяка.
VI. Клинохлор из Честера в Пенсильвании, по анализу Крау.

Среднее:

$\dddot{S}i$	31,2%,	т. е.	16,2	кислороду	16,2 $\dddot{S}i$ 3
$\ddot{A}l$	17,5	»	6,2	»	
$\ddot{C}r$	0,6	»	0,2	»	6,8 $\dddot{R}$ 1,3
$\dddot{F}e$	1,4	»	0,4	»	
$\dot{F}e$	3,2	»	0,6	»	
$\dot{M}g$	33,3	»	13,2	»	13,8 $\dot{R}$ 2,6
$\dot{H}$	12,5	»	10,5	»	10,5 $\dot{H}$ 2,0
	99,7				

По исследованиям Раммельсберга, отношение кислорода в составных частях клинохлора есть:

$$\dddot{S}i : \dddot{R} : \dot{R} : \dot{H} = 13,7 : 9,0 : 13,4 : 9,3 = 3 : 2 : 3 : 2$$

[1] Mélanges physiques et chimiques II, 140. Материалы для Минералогии России I, 368.

Клинохлору давали весьма различные формулы:

1) $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i + 9\dot{M}g\dot{H}$ — Раммельсберг, по исследованиям Мариньяка.

2) $\dot{R}\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i + 4\dot{M}g\dot{H}$ — Кобелль, по своим анализам.

3) $2\dot{R}^2\dddot{S}i + \dot{R}\dddot{R} + 4\dot{H}$ — Берцелиус, по анализам Кобелля.

4) $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i + 9\dot{M}g\dot{H}$ — Крау, по своим анализам.

5) $\dot{R}^3\dddot{S}i + \dddot{A}\,\dddot{S}i + 2\dot{M}g\dot{H}^2$ — Варентрап.

6) $\dot{R}^3\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i + 3\dot{M}g\dot{H}$ — Раммельсберг, по своим исследованиям.

[141] 7) $3(\dot{R})^3\dddot{S}i + 2(\dot{R})\dddot{R}$ — Шерер, придерживаясь по преимуществу анализов Раммельсберга.

Отношение кислорода $\dddot{S}i : \dddot{R} : \dot{R} : \dot{H}$ по 1 и по $4 = 5:3:4:3$, по 2, по 3 и по $5 = 6:3:5:4$; по $6 = 6:3:6:3$. По формуле Шерера $\dddot{S}i : \dddot{R} : (\dot{R}) = 9:6:11$. Эта формула очень близка к выводу Раммельсберга, потому что:

$$\dddot{S}i : \dddot{R} : (\dot{R}) = 13{,}7 : 9{,}0 : 16{,}5$$

по формуле Шерера $\dddot{S}i : \dddot{R} : (\dot{R}) = 13{,}7 : 9{,}1 : 16{,}7$

$$-0{,}1 \quad -0{,}2$$

Но формула Шерера далека от вывода, сделанного нами из 6 прежних анализов:

По ним $\dddot{S}i : \dddot{R} : (\dot{R}) = 16{,}2 : 6{,}8 : 17{,}3$

По формуле Шерера $\dddot{S}i : \dddot{R} : (\dot{R}) = 16{,}2 : 10{,}8 : 19{,}8$

$$-4{,}0 \quad -2{,}5$$

27) *Хлорит* [Вернера, Кобелля, Варентрапа, Брюля (Brühl), рипидолит Густава Розе], по мнению Шерера, состоит из:

$$2(\dot{R})^3\dddot{S}i + (\dot{R})\dddot{A}l$$

28) *Турингит*

$$2(\dot{F}e)^3\dddot{S}i + (\dot{R})\dddot{F}e$$

29) *Кронштедит*

$$(\dot{R})^3\dddot{S}i + (\dot{R})\dddot{F}e$$

30) *Пеппин*

$$4(\dot{R})^3\dddot{S}i + (\dot{R})\dddot{A}l$$

[142] 31) *Табергит*

$$3\dot{M}g^2\dddot{S}i + (\dot{R})^2\dddot{A}l$$

32) *Лейхтенбергит*

$$2\dot{M}g^{2}\dddot{S}i + (\dot{R})^{2}\dddot{A}l$$

33) *Кеммererит*

$$3\dot{M}g^{2}\dddot{S}i + (\dot{R})^{2}\dddot{A}l$$ [1]

§ 61. C) *Двойные силикаты.*

34) *Слюда* Ивикена (Iviken) по анализу Сванберга

$$(\dot{R})\dddot{S}i^{2} + \dddot{R}\,\dddot{S}i^{3}$$

35) *Слюда* из Братштадта (Brattstad), по анализу Сванберга

$$(\dot{R})\dddot{S}i + 2\dddot{R}\,\dddot{S}i^{2}$$

36) *Слюда* из Броддбо (Broddbo), по анализу Сванберга

$$(\dot{R})\dddot{S}i + 2\dddot{R}\,\dddot{S}i$$

37) *Слюда* из Розендаля, по анализу Сванберга

$$2(\dot{R})^{2}\dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i$$

[143]38) *Слюда* из Паргаса, по анализу Сванберга

$$3(\dot{R})\dddot{S}i + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$$

Анализы всех предыдущих минералов не получили обыкновенной формулы.

39) *Слюда* из Монро (Monroe) и из Миясска

$$(\dot{R})^{3}\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i$$

40) *Тальцит*:

$$2(\dot{R})\dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i$$

В этом отделе Шерер разобрал состав многих минералов. Также он дал точные полимерические формулы многим аморфным минералам, купоросам, борно-, фосфорно- и мышьяковокислым солям, но мы не станем их приводить, потому что целью предыдущих перечислений было показание возможности и ценности новых формул, а вовсе не старание изложить все, что сделано Шерером по отношению к полимерному изоморфизму.

§ 62. Взглянем теперь на другой ряд полимерного изоморфизма — на изоморфизм *n* частей одного тела *m* частям того же самого тела. Предыдущие исследования все-таки носят на себе следы некоторой

---

[1] Все восемь из предыдущих минералов подходят под формулу $X(\dot{R})^{n}\dddot{S}i + Y\dddot{R}^{m}\dddot{R}$ и все принадлежат к гексагональной системе; впрочем Кокшаров доказал, что формула клинохлора есть моноклиноэдрическая, образующая тройни, сходные по общей своей форме с формами гексагональной системы

произвольности, тогда как исследования, которых мы коснемся теперь, поражают своей яркостью и несомненностью.

§ 63. Начнем с авгита и амфибола. Азбест из Коруна по анализу Лаппе (Lappe) (Karst. Arch. VI, 321) есть:

$$[144]\dot{F}e\dddot{S}i + 2\dot{M}g^{3}\dddot{S}i^{2} \text{ или } \dot{R}^{7}\dddot{S}i^{5}$$

Арппе заметил, что роговая обманка из многих мест (Sziv!owá, Gulsjo, Fahlun) и лучистый камень из Таберга имеют формулу:

$$3\dot{R}\dddot{S}i + 2\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2} \text{ или } \dot{R}^{9}\dddot{S}i^{7}$$

Лучистый камень из Пенсильвании имеет даже совершенно формулу авгита

$$\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

С другой стороны авгит (малаколит) из Таберга имеет точную формулу амфибола

$$\dot{R}\dddot{S}i + \dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2} \text{ или } \dot{R}^{4}\dddot{S}i^{3}$$

Таким образом оба минерала, и без того такие близкие между собою, сближаются по составу; между ними открываются переходы и общая их формула должна выразиться [1]

$$n\dot{R}\dddot{S}i + m\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

Розе, Митчерлих, Бертье показали, что сплавленная роговая обманка превращается в авгит. Уралит вполне окончил соединение обоих рядов и если в настоящее время можно разделить оба вида, [145]то отнюдь нельзя при этом считать химический состав надежным руководителем. Вот первый пример полимерии: $nA + mB$ с $n_1A + m_1B$ здесь:

$$\dot{R}\dddot{S}i + \dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

$$R\dddot{S}i + 2\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

$$3\dot{R}\dddot{S}i + 2\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

$$\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$$

имеют кристаллическую форму роговой обманки.

В настоящее время таких примеров весьма много. Авгит $\dot{R}^{3}\dddot{S}i^{2}$ и жефферсонит $\dot{R}\dddot{S}i$ имеют совершенно одну и ту же кристаллическую форму.

§ 64. Довольно значительное количество подобных примеров представил профессор Герман. Он дал для них особую теорию, которую можно считать видоизменением теории полимерного изоморфизма. По мнению Германа, очень многие тела содержат не одно известное

[1] Девилль в прошлом году (Ann. Chim. Phys.) снова предлагает считать состав пироксена и амфибола одинаковыми.

соединение, но смесь двух (или более?) соединений (стехиометрических), обладающих одинаковой кристаллической формой. При смешении, оба тела могут соединяться во всех возможных, обыкновенно же довольно простых, отношениях. Тела, не содержащие такой смеси, суть простые стехиометрические соединения, но не тела, где есть подобные смеси, суть тела *гетеромерные*, т. е. разносоставленные или гетеромерные смеси из стехиометрических соединений. Каждое гетеромерное соединение состоит из mA + nB, где [146] A и B суть элементы гетеромерной смеси и всегда стехиометрические соединения. Примеры подобной гетеромерной смеси мы уже видели при рассматривании состава амфиболитовых и авгитовых тальков. Шерер представил состав их или полимерической формулой $((\dot{R})^4[\ddot{\ddot{S}}i]^3$ и $(\dot{R})^3[\ddot{\ddot{S}}i]^2)$, или гетеромерной (ma + nb). Так точно и все гетеромерные смеси можно подвести под один пай видов полимерного изоморфизма. Основная идея гетеромерии есть существование смеси во всех гетеромерных соединениях; основное начало полимерии есть существование в них замещения. Между обоими взглядами такое же различие, как между взглядами дуалистов и последователей теории замещения. Первые отыскивают везде два соединившихся члена; вторые стараются те же самые явления изъяснить замещением. Например: этиль-амин C^4H^7N, по мнению первых, есть соединение этиля с амидом, т. е. $C^4H\text{-}N^5 + NH^3$; по мнению вторых, это есть аммиак NH^3 или

$N\begin{Bmatrix}H\\H\\H\end{Bmatrix}$, в котором один пай водорода замещен этилем, т.е. $N\begin{Bmatrix}C_4H_5\\H\\H\end{Bmatrix}$

Вообще, гетероморфизм есть только частный случай полимерного изоморфизма, потому что последний оправдывает сходство форм во всяком случае, когда [147] вместо известного члена входит другой. Если mA + nB имеет сходную форму с rA + qB, то объяснение причины этого будет совершенно одинаково: скажем ли мы (вместе с Германом), что здесь A смешивается в двух отношениях с B, или (вместе с Шерером) предположим, что rA заместили mA и qB заместили nB. Принимая теорию Германа, мы должны принимать теорию Шерера, потому что нужно принимать изоморфизм A и B как вид полимерии. По теории Германа, тела могут иметь одинаковую формулу, когда они состоят: 1) из нормальных, т. е. химически одинаковых атомов, 2) из изоморфных атомов, химически различных, но одинаковых по числу и расположению и 3) из гетеромерных атомов, которых химизм, число и расположение не равны. Ясно, что здесь видоизменение теории Шерера. На основании всего этого мы подводим все случаи гетероморфии под различные виды полимерного изоморфизма. Герман [1] привел очень много примеров гетеромерности или полимерии $nA+mB$ с n_1A+m_1B.

[1] Journ. f. prakt. Chemie XLIII, 35; LIII, I; Handwörterbuch, Rammelsb. IV, Supplementband, XIX etc. Название, данное Германом, более употребительно, чем название Шерера, вероятно, потому, что Шерер начал с частного, может быть, ложного случая, а Герман с общих законов. Притом слово гетеромерия лучше обозначает самое понятие, чем слово полимерия.

[148] § 65. Кианиты различных местностей подходят под формулы, данные Германом:

$$\dddot{R}^{2}\dddot{S}i \quad (A)$$
$$\dddot{R}^{11}\dddot{S}i^{7} \quad (3A + B)$$
$$\dddot{R}^{3}\dddot{S}i^{2} \quad (2A + B)$$
$$\dddot{R}^{5}\dddot{S}i^{4} \quad (B)$$

Различные экземпляры ставролита имеют, по выводу Германа, состав:

$$\dddot{R}^{2}\dddot{S}i \ (A)$$
$$\dddot{R}^{5}\dddot{S}i^{4} \ (B)$$
$$\dddot{R}^{11}\dddot{S}i^{7} \ (3A + B)$$

а между тем форма их совершенно одинакова; все они являются ромбическими призмами в 129° 20′. Андалузиты содержат:

$$\dddot{R}^{11}\dddot{S}i^{7} \ (3A + B)$$
$$\dddot{R}^{3}\dddot{S}i^{2} \ (2A + B)$$
$$\dddot{R}^{17}\dddot{S}i^{13} \ (A + 3B)$$

Все три минерала имеют гетеромерные члены $A=\dddot{R}^{2}\dddot{S}i$ и $B = \dddot{R}^{5}\dddot{S}i^{4}$. Может быть, впрочем, что гетероморфные члены суть $A = \dddot{R}^{2}\dddot{S}i$ и $C = \dddot{R}\dddot{S}i$, потому что и тогда состав всех минералов может быть выражен гетеромерной формулой $nA + mC$. Дана (табл. III) доказал сходство форм ставролита и андалузита. Состав слюд Герман выражает гетеромерной формулой $nA + mB$, где

[149] $$A = (3\dot{R}^{3}\ddot{S}i + 2\dot{R}\ddot{S}i) + xFl$$

$$B = (\dot{R}\ddot{S}i^{2} + 2\dddot{R}^{2}\dddot{S}i^{3} + xFl$$

Принимая кремнекислоту за SiO^2 и фтор изоморфным кислороду $(\ldots\ldots) + xFl$ означает такое соединение, где часть кислорода заменена фтором. Формулу

A — имеет слюда из области Джефферсона (Jefferson County) и из Нью-Йорка.

12A + B — Слюда с Байкала, из Саля, по анализам Генриха Розе и Сванберга.

6A + B — Слюда из Миасска (по анал. Кобелля), с Везувия (по ан. Бромейса) и другие.

2A + B — Слюда двуосная из Везувия, по анализу Шодо.

A + 2B — Слюда из Рерсберга (по ан. Сольтмана); лепидомелан из Финляндии (по ан. Сванберга).

B — Калистая слюда из Кимито в Финляндии, из Yrö в Швеции, из Охотска, из Фалуна и др. по анализам Генр. Розе.

Различные сорты лепидолитов состоят, по изысканию Германа из nA + mB, где

$$A = (2\dot{R}\ddot{S}i + \dddot{R}\,\ddot{S}i^2) + x\,Fl$$

$$B = (\dot{R}^2\ddot{S}i + 4\ddddot{R}\ddot{S}i^3) + x\,Fl$$

Для целого ряда слюдоподобных минералов Margarite) Герман полагает:

[150] $$A = 3\dot{R}^3\ddot{S}i + 2\ddot{\dddot{A}}l^2\dot{H}$$ и

$$B = \dot{R}\ddot{S}i + 5\ddot{\dddot{A}}l\ddot{S}i + 3\dot{H}$$

A — Сейберит (клинтонит),
4A + B — Ксантофиллит,
3A + B — Брандизит,
A + 2B — Хлоритоид,
A + 3B — Мазонит, Дифанит,
A + 6B — Емерилит,
A + 18B — Корунделлит,
B — Ейфиллит.

Для хлоритоподобных минералов Герман полагает:

$$A = 3\dot{R}^3\ddot{S}i + \dddot{R}\ddot{S}i^2 + 6\dot{H}$$

$$B = \dot{R}^3\ddot{S}i + \dddot{R}\ddot{S}i + 3\dot{H}$$

A — Бальтиморит, по ан. Германа.
A + B — Родохром, по ан. Германа; клинохлор из Ахматовска, по анал. Кобелля и Варентрапа.
A + 2B — Шисминский хлорит, по ан. Германа, X. из Маклиона во Франции, по ан. Делесса; стеатит из Снарум, по ан. Живартовского.
A + 3B — Хлорит из Шварценштейна, по ан. Брюеля; турмилит, по ан. Раммельсберга.
A + 6B — Кеммererит, по ан. Германа.
B — Хлорит из Целлерталя, по ан. Варен[151]трапа; кроштедит из Пршибрам (Przibram), по ан. Штейнмана и Кобелля.

Герман дает гетеромерные формулы сверх того для кордиеритов и подобных ему, [1] для турмалинов, [2] сподуменов, [3] для семейств скаполитов [4] и друг.

---

[1] Journal für praktische Chemie Erdman. LIII, 28.

[2] J. f. p. Ch. LIII, 280. $A = 3\dot{R}^3\dot{M}^2 + 2\dddot{M}$ и $B = \dot{R}\dot{M}^2 + 2\dddot{R}\dot{M}^3$, где $\dot{M} = \dot{S}i$, которой часть замещена борной кислотой ($\dot{B}$ по Герману).

[3] J. f. p. Ch. LIV (1851), 185.

[4] J. f. p. Ch. LIV, 410; Bullet. d. s. d. Natural. d. Mos. 1852, I, 109.

§ 66. Раммельсберг, сперва опровергавший существование полимерии, в последствии сам убедился в существовании примеров полимерии, особенно из своих многочисленных анализов турмалина. Вот какие формулы дает он различным сортам турмалина: [1]

$$\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$$
$$\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$$
$$\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 6\dddot{R}\,\dddot{S}i$$
$$\dot{R}\,\dddot{S}i + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$$
$$\dot{R}\,\dddot{S}i + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$$

Большей части сортов слюды он дает формулу:

$$n\,\dot{R}\dddot{S}i + m\dddot{R}\,\dddot{S}i$$

§ 67. Интересный пример полимерии указал [152] Шерер в разных видах полевых шпатов и скаполитов. Они в различных своих видоизменениях (иногда и видах) представляют очень различный состав и притом видоизменения состава того и другого совершенно сходны, даже их псевдо- и параморфозы совершенно сходны (Th. Schoerer, Pogg. Ann. 1853. LXXXIX, 1).

Полевые шпаты	Состав	Скаполиты
Ленолит и линзеит	$\dot{R}^3\dddot{S}i + 2\dddot{R}\,\dddot{S}i$	Мейонит из Монте-Сомма Скаполит из Эрсби
Анортит, по анализу Абиха	$\dot{R}^3\dddot{S}i + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$	Скаполит из Тунаберга Вернерит из Эрсби, по анализу Норденшильда (Nordenskjold)
Тирзоит Барзовит Битовкит	$\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$	Вернерит из Эрсби, по анализу Гартвалля (Hartwall)
Лабрадор из Везувия и Корсики, по анализам Лорана и Делесса	$\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 4\dddot{R}\,\dddot{S}i$	Вернерит из Петтерби (Petterby), по анализу Гартвалля
Лабрадор	$\dot{R}\dddot{S}i + \ddot{R}\ddot{S}i$	Сколецит из Паргаса, по анализу Норденшильда. Вернерит, по анализу Гартвалля
[153] Олигоклаз, гарнефиордит (Harnefiordit)	$\dot{R}\dddot{S}i + \ddot{R}\dddot{S}i^2$	Скаполит, по анализу Вольфа

[1] Pogg. Ann. 1850, 25.

Все полевошпатовые минералы моно- и три- (может быть ди-) клиноэдрической системы; все скаполитовые — квадратной системы. Таким образом каждый из этих минералов находит себе сходного, как по составу, так и по форме, т. е. предложенные минералы представляют пример полимеро-изо-диморфизма.

§ 68. Ортит (где Шерер соединил ортит, алланит, церин и сходные с ним минералы) имеет довольно разнообразный состав:

$3\dot{R}^3\dddot{S}i + 2\dddot{A}l\,\dddot{S}i$ — Ортит из большей части местностей, по формуле Шерера (Lieb. Pogg. и Wöhler, Handwörterb. V, 7551).

$\dot{R}^3\dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i$ — Ортит из Гитере и Миасска, по анализам Раммельсберга и Германа.

$\dot{R}^3\dddot{S}i + 2\dddot{R}\,\dddot{S}i$ — Уралортит из Ильменских гор, по анализу Германа.

$\dot{R}\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i$ — Ортит из Сунтака в Финляндии, по анализу Менделеева (Verhandlungen der Russisch-Kaiserl. Miner. G., S.-Petersb. 1854, 234).

В некоторых ортитах до 8 и более процентов воды и вероятно она замещает ($\dot{R}$). Кристаллическая форма несколько различна для разных видов ортита. Герман считает ортит гомеоморфным с [154] эпидотом. Впрочем, по определению Кокшарова, уралортит принадлежит к моноклиноэдрической системе, а ортит, по определению Шерера, и церин, по определению Густава Розе, относятся к ромбической системе. Однако, должно полагать, что последние определения (вероятно, по неясности кристаллов) ошибочны, тем более, что соответственные углы уралортита, эпидота, церина и ортита очень близки.

	Уралортит	Церин	Ортит	Эпидот
$OP : \infty P\infty$	$= 114°55'$	$116°$	$114°30'$	$114°25'$
$OP : +P\infty$	$= 116°20'$	$116°$	$116°—$	$116°12'$
$\infty P\infty : +P\infty$	$= 128°45'$	$128°$	$130°48'$	$129°22'$
	Кокшаров.	Г. Розе.	Шерер.	

§ 69. Весьма многие тела не изменяют своей кристаллической формы соединяясь с водой в различных пропорциях. Тому представляют примеры:

Циркон $\dddot{Z}r\dddot{S}i$ и малакон $4(\dddot{Z}r\dddot{S}i) + 3\dot{H}$

Хризолит $\dot{R}^3\dddot{S}i$ и вилларзит $2(\dot{R}^3\dddot{S}i) + 3\dot{H}$

Леполит $\dot{R}^3\dddot{S}i + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i$ и линдзанд $\dot{R}^3\dddot{S}i + 3\dddot{R}\,\dddot{S}i + 3\dot{H}$

Лейцит $\dot{K}^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{A}l\,\dddot{S}i^2$ и анальцим $\dot{N}a^3\dddot{S}i^2 + 3\dddot{A}l\,\dddot{S}i^2 + 6\dot{H}$

Макролит и гидрохлор.

Кордиерит и фалунит, аспазидолит и др.

Аттериазит, мейонит и эдингтонит.

Алланит, уралортит и ортит.
Нозеан и иттнерит. [1]

[155]. Это явление есть новый случай полимерии, подходящий под общий закон изоморфности nA + mB с rA + qB. Это подтверждается и над цельным рядом тел, имеющих общий вид и форму квасцов. Известно, что квасцы образованы по формуле $\dot{R}\ddot{S} + \dot{R}\ddot{S}^3 + 24\dot{H}$, но нашли квасцы, имеющие иной состав. Скахи (Scachi) из Сольфатара, близ Пуццоли, привез квасцы, содержащие по анализу Дюфренуа $3\dot{R}\ddot{S} + 2\dot{R}\ddot{S} + 12\dot{H}$. Абих получил их искусственно. Квасцы с озера Урмии в Персии, по анализу Силлимана, состоят из $\dot{F}e\ddot{S}i + \dot{A}l\ddot{S}i + 27\dot{H}$. [2] Квасцы из южной части Перу содержат, по анализу Томсона, $2\dot{N}a\ddot{S}i + 3\dot{A}l\ddot{S}i^3 + 10\dot{H}$, [2] а из Иквикве (Iquique) в Южной Америке $\dot{M}g\ddot{S}i + \dot{A}l\ddot{S}i^3 + 22\dot{H}$. Подобных примеров очень много. [5]

§ 70. Итак, сличая различные случаи гомеоморфизма, должно признать закон, с первого раза кажущийся парадоксальным: *всякое тело nA + mB мо*[156]*жет иметь одинаковую форму с телом pA + qB.* [6]

Определяя минеральный род (genus, die Gattung, le genre) или вид (species, l'espèce, die Art) сходством формы и других свойств, должно признать возможность в них весьма разнообразного химического состава. Если соединяют в один род или вид турмалины (§ 66), ставролиты, кианиты (§ 65), скаполиты (§ 67), тальки (§ 57 и 58) и другие, то что останавливает соединить в один же род или вид пироксены и амфиболы (§ 53, 57, 58, 63 и впоследствии 105), все шпаты, изоморфные известковому шпату, все скаполиты, многие полевошатовые (§ 67), о тит, алланит, церин и эпидот (§ 68)? Между различными сортами турмалина, вероятно, есть же некоторое положенное различие форм, как постоянно между ними различие в удельном весе, цвете и в др. признаках; также постоянное и незначительное различие существует и между формами шпа[157]тов и между их удельным весом и другими физическими свойствами (§ 21 и 83).

---

[1] Hermann. Bulletin de la Société Imperiale des Natural. de Moscou, 1852 (XXVI), III, 200; также J. f. p. Ch. LIV, 414.
[2] Dana. Mineralogy, 266.
[3] Journ. f. p. Ch. XXXI, 498.
[4] Berzelius Jahresb. XXV, 390.
[5] Все примеры, указанные нами в 46 параграфе, на таблице III и в других местах. Об изоморфизме от полимерии органических веществ говорили также довольно многие: Рудольф Вагнер (J. f. p. Ch. LIII, 449), Лоран, Никкле и друг.
[6] Шерер принимает только изоморфизм A + nB с A + mB, Герман вообще nA + mB с pA + qB. Повидимому, в этом заключается истинное различие полимерного и гетеромерного изоморфизма, но это различие только кажущееся. В каждом частном случае различие сглаживается. Если $\dot{R}^3\ddot{S}i^3$ изоморфно с $\dot{R}^3\ddot{S}i^4$, то Герман прямо изъясняет это своим законом, а Шерер подводит под свой закон, изображая первое соединение чрез $\dot{R}^3\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i$, а второе чрез $\dot{R}^3\ddot{S}i + 3\dot{R}\ddot{S}i$.

Полимерные соединения, как и мономерные (§ 47, 26), могут не только представлять сходство форм в отдельности, но и образовать полимерные смеси вроде изоморфных смесей (§ 20). Признавая эту возможность, Шерер почитает, что $3\dot{H}$ замещают часто $\dot{R}$, что $3\dddot{A}l$ замещает $2\dddot{S}i$ (или $\dddot{A}l$ и $\ddot{S}i$). Герман признает:

1) Возможность замещения галоидных солей кислородными и вот примеры, приведенные им для подтверждения этого:

Микролит $\dot{R}\ddot{T}a$ (?) и фторохлор $\left\{\begin{matrix}\dot{R}\\ RF\end{matrix}\right. + x\dot{R}\left\{\begin{matrix}\ddot{N}b\\ \ddot{T}i\end{matrix}\right.$

Хризолит и хондродит $\left\{\begin{matrix}\dot{M}g\\ MgF\end{matrix}\right\}$ + хризолит.

Лабрадор и фарфоровый шпат: (NaCl + x лабрадор).

Содалит NaCl + 3A, козсан $\dot{N}a\ddot{S}$ + 3A и галоин $\dot{C}a\ddot{S}$ + 2A есть соединение кремнекислоты с $\dddot{A}l$ и $\dot{N}a$.

Нефелин и канкринит ($2\dot{C}a\ddot{C}$ + нефелин). [1]

2) Возможность замещения углекислоты азотною, серною и кремнекислотою.

3) Замещение борной кислоты, глинозема и кремнекислоты.

4) Галоидов и кислорода, и вообще

5) Тел одного химического строения телами другого (Bullet. soc. Natur. d. Moscou 1552; J. f. pr. Ch. etc.).

[158] Принимая столь всестороннюю возможность замещения, должно бы оставить название Шерера, а удержать название Германа, ибо полимерный изоморфизм показывает возможность замещения и сходства форм только при увеличении числа паев изоморфов, а гетеромерный изоморфизм (от ἕτερος иной и μέρος часть) показывает всевозможные разнообразные отношения в количестве заменяющих веществ. Еще лучше, хотя вовсе не употреблено название, предложенное Раммельсбергом (J. f. p. Ch. XIV, 123). Он называет все изоморфы, где число атомов не одинаково, разночисленными (heteronome Is.), а напротив того те, где одинаковое число атомов, равночисленными (isonome Isom.).

§ 71. Выводить что-либо общее из рассмотренного нами (§ 46—70) было бы и слишком смело и слишком рано, тем более, что многое из всего этого есть плод одних смелых предположений, не строго доказано и даже сомнительно. Однако, нельзя не заметить большее и большее ослабление или лучше усложнение отношения между химическим составом и кристаллической формой. Последующим исследованиям суждено решить, существует ли такое отношение. Вывод же химических исследований до сих пор произведенных, вовсе не утешителен, в особенности, если взглянем на кучу минералов правильной системы, минералов, обладающих иногда совершенно тождественной формой

[1] Bullet. Société Natur. d. Moscou 1852; III, 199.

и [159] разнообразнейшим составом. Вероятно другие начала, другие причины производят сходство форм. Исследования удельного объема первоначально также оказались недостаточными. В самом деле, один и тот же минеральный вид, турмалин, заключает в себе разновидности совершенно различного удельного объема, по различию состава.

Турмалины по формуле

$\dot{R}^5\dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\dddot{Si}$	имеют У. Об.	1808
$\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 4\dddot{R}\dddot{Si}$	»	2217
$\dot{R}^3\dddot{Si}^2 + 6\dddot{R}\dddot{Si}$	»	3013
$\dot{R}\dddot{Si} + 3\dddot{R}\dddot{Si}$	»	1464
$\dot{R}\dddot{Si} + 4\dddot{R}\dddot{Si}$	»	1850

Ставролиты имеют удельные объемы также довольно различные, смотря по видоизменениям в составе

$\dot{R}^2\dddot{Si}$	имеет Уд. Об.	530
$\dot{R}^3\dddot{Si}^2$	»	895
$\dot{R}^5\dddot{Si}^4$	»	1639

т. е. наибольшая разность объемов = 1,02. *

§ 72. Впрочем должно заметить, что, делая сравнения при подобном неуравнении формул, мы поступаем весьма несправедливо и действительно, я попробовал привести формулы к однообразному виду и достиг более счастливого вывода. Так, для видов ставролита объемы довольно близки, когда сравним их при более однообразных формулах

[160] $\dddot{R}^2\ \dddot{Si}$	530
$\dddot{R}^{\frac{3}{2}}\ \dddot{Si}$	448
$\dddot{R}^{\frac{5}{4}}\ \dddot{Si}$	410

т. е. наибольшая Р. Об. = 0,27, а такая разность встречается при мономерно изоморфных телах. Если возразят против деления атомов, то можно не делать этого, а сравнивать $\dddot{R}^6\dddot{Si}^4$, $\dddot{R}^6\dddot{Si}^4$ и $\dddot{R}^5\dddot{Si}^4$. То же самое замечание имеет место по отношению к турмалинам и к полевым шпатам. Пять разновидностей турмалина представят более однообраз-

[* Вычислена по формуле: $\frac{1639 - 510}{\frac{1}{2}[1639 + 510]}$ (§ 29). *Прим. ред.*].

ные формулы, т. е. с одним числом паев, когда будут изображены следующими эмпирическими формулами:

$$\tfrac{1}{5}\dot{R} + \tfrac{3}{5}\dddot{R} + \dddot{Si}$$
$$\tfrac{1}{6}\dot{R} + \tfrac{2}{5}\dddot{R} + \dddot{Si}$$
$$\tfrac{1}{8}\dot{R} + \tfrac{3}{4}\dddot{R} + \dddot{Si}$$
$$\tfrac{1}{4}\dot{R} + \tfrac{3}{4}\dddot{R} + \dddot{Si}$$
$$\tfrac{1}{5}\dot{R} + \tfrac{4}{5}\dddot{R} + \dddot{Si}$$

Тогда соответствующие удельные объемы выразятся так (табл. III, гомеоморфные тела):

362
370
377
366
370

Итак, все турмалины имеют почти равный удельный объем, хотя многие их свойства и самый [161] состав весьма разнообразны. Постоянными остались только форма, да приведенный удельный объем. [1]

§ 73. Должно думать, что распространение подобных исследований прольет много свету на отношение между составами и свойствами, между формами и удельным объемом, даже покажет значение составных частей при образовании кристаллической формы. Впрочем, по всей вероятности, состав, да объем не позволят еще сделать точных окончательных выводов, потому что образование кристаллов зависит и от силы сцепления, а она видоизменяется с температурой. Определить силу сцепления могут многие разнообразные свойства тел. Степень плавкости, твердость, упругость, лучепреломление, теплоемкость непременно в большей или меньшей мере зависят от силы сцепления. Но как мало тронуты еще эти предметы, как ничтожны наши сведения для соглашения этих определяющих!

Потому то только после общестороннего изучения нашего предмета можно искать более общих законов, более счастливых выводов; одного химического состава недостаточно.

74. Итак сходство (параграф 14) и различие форм бывают следствием весьма различных причин. Мы изложили более или менее известные нам, но чтоб сделать нашу статью более полною, [162] мы должны обратить еще некоторое внимание на отношение тел по форме. В самом деле, до сих пор мы различали только два отдела форм: одинаковые, или тождественные, и несходные. Уже a priori можно сказать, что будут также кристаллические формы, которые, хотя и не представ-

[1] Впоследствии мы ознакомимся со взглядом Дана на этот предмет (§ 105).

ляют тождественности, однако более или менее сходствуют между собою. Эта большая или меньшая сходственность форм часто находится в тесном отношении с составом. Лоран (Laurent) первый обратил внимание на этот предмет и потому мы изложим его мысли, заимствуя их из его посмертного творения Méthode de Chimie (par Auguste Laurent 1854, 156 etc.), из творения, прямая цель которого есть показание односторонности многих выводов и химических законов, принимаемых нами. Если это творение небогато многими строго доказанными истинами, зато у него нельзя отнимать богатства идей и предположений, более или менее основанных на действительности. Позволю себе первоначально несколько отступить от нашего предмета и показать способ воззрения, какой имеет Лоран на химическое строение тел и в особенности минералов. Впрочем это имеет прямое отношение к нашему предмету, особенно потому, что теоретические выводы и соображения французского ученого отличаются большою последовательностью, и понятие о строении тел есть основание всему последующему или вернее это есть [163] плод всех вообще исследований и заметок. Многое из всего изложенного Лораном можно назвать только заметками, потому что оно изложено в столь тесном виде и столь бездоказательно, что ему никак нельзя придать эпитета исследований.

§ 75. Все тела органические и неорганические построены на один манер, по одним законам, — одно из основных положений Лорана. Отличие химического строения тел органических и неорганических издавна признавалось и сперва бессознательно, по привычке, заимствованной еще из средневековых понятий, потом с понятием, что одни тела суть двойные соединения, другие — более сложные. Наконец положили более разумное отличие в строении тел обоих видов: сказали, что все тела органические суть соединения сложных радикалов, тогда как неорганические содержат лишь простые радикалы. Должно сознаться, что последний вывод весьма односторонен, как потому, что при этом почитаются утвержденными электрохимические понятия Берцелиуса, так и потому, что целый ряд тел остается без места [1] в такой системе. Лоран и Жерар вместе с немногими другими не делают строгого отличия тех и других тел. Они ясно показали ,что и в неорганических телах [164] есть существование таких же сложных радикалов, как и в органических, что образование тех и других сводится на одни и те же законы замещения. Мы уже видели, как смотрит Жерар на строение солей, как он принимает в каждой соли существование сложного радикала. [2] Лоран весьма остроумно сводит формулу, а следовательно и строение, всех окислов, выражаемых обыкновенно формулами $\dot{R}$, $\ddot{\dot{R}}$ и $\dot{R}$(RO, R^2O^3 и R^2O); он сводит на формулу R^2O. При этом заметим, что Лоран придерживается паев, предложенных Жераром, следовательно паи всех металлов делит пополам, почему уже ясно, что окиси по формуле $\dot{R}$ или RO обратятся в R^2O.

[1] Назовем углекислоту, щавелевую, родиконовую, крокононовую кислоты, аммиак, синерод, железистосинерод, соли Пейроне, Гро, аммиачной ртути и друг.

[2] В азотной кислоте NO_2, в серной SO_2, в углекислоте CO и т. д.

Окислы $R^4O^3(\dddot{R})$ он выражает через $R\overset{4}{\underset{3}{}}O$ или $\frac{2}{3}R^2O$ или $\breve{R}^2O$, а R^4O [1] через $\bar{R}^2O$. При этом очевидно, что пай [2] железа в двух окислах совершенно различен: в окисле Fe^2O пай Fe = 173 или 350, а в $\breve{F}e^2O$ пай Fe = 117 или 233. По этому понятию все окислы могут замещать * друг друга вполне или отчасти, при образовании соединений. На основании этого изъясняется сходство форм фе[165]накита ($\ddot{B}e\ddot{S}i$, ** т. е. $3(\breve{R}O)$, SiO^3 и виллемита $\dot{Z}n^3\ddot{S}i$, т. е. $3(RO)$ SiO^3, авгита $(\dot{R}^3\ddot{S}i^2)$ и сподумена $[(\dot{R}^3 + \dddot{R})\ddot{S}i^3]$, как доказал Дана. На основании предположения Лорана, формула спинели есть:

$$(Mg \cdot \breve{A}l)^2O$$

или частнее:

$$Mg\,\tfrac{1}{2}\,\breve{A}l\,\tfrac{3}{2}\,O$$

§ 76. На кремнекислые соединения Лоран смотрит, как на соединения различных полимерных видоизменений кремнекислоты, подобно тому, как фосфорнокислые соединения содержат мета-, пара-, пирофосфорные кислоты, *** подобно тому, как соединения вольфрамовой кислоты, по исследованиям Лорана, содержат пара, -мета- и пиротунгстеновые (вольфрамовые) кислоты. **** Обыкновеннейший вид кремнекислоты Лоран изображает:

$$SiO;$$

другие видоизменения, найденные им, довольно многочисленны:

$$Si^2O^2$$
$$Si^3O^3$$
$$Si^4O^4$$
$$Si^5O^5 \text{ и др.}$$

§ 77. Принимая такое обозначение кремнекислых соединений и удерживая понятие о изоморфности R^2O и $R\overset{4}{\underset{3}{}}O$ или $\breve{R}^2O$, Лоран изображает состав мно[166]гих минералов и часто очень точно. Трудно судить о формулах Лорана по немногим примерам, и потому для окончательного суждения должно ждать издания таблиц, составленных

[1] Т. е. наши R^2O или $\dot{R}$.

[2] Или в строгом смысле эквивалент, потому что Лоран справедливо различает понятия équivalent и nombres proportionnels.

* [В этом абзаце во всех формулах R и Fe считаются Лораном с половинными атомными весами по сравнению с современными. *Прим. ред.*].

** [Лоран считает здесь Be трехвалентным. Современная формула будет $BeOSiO^2$. *Прим. ред.*].

*** [Под «фосфорной кислотой» тут подразумевается фосфорный ангидрид. *Прим. ред.*].

**** [Вольфрамовый ангидрид. *Прим. ред.*].

этим ученым и содержащих до 3 или 4 тысяч исследованных соединений, где показаны формулы всех более известных минералов. Быть может, этим формулам предстоит блестящая участь, а может быть они не будут иметь обширного применения, хотя нельзя отрицать их простоты и наглядности. Для примера приведем несколько формул.

§ 78. А) Минералы по формуле, наиболее встречающейся, т. е. $SiO\,(R\breve{R})^2O$, или, не придерживаясь дуализма:

$$SiO^2(R\breve{R})^2$$

По этой формуле требуется, чтоб количество кислорода в кремнекислоте было равно сумме кислорода в основаниях. Сюда относятся:

1) гранат и идократ (обыкновенно считаемые за два изомерных тела), [2] обыкновенная формула которых есть:

$$\dot{R}^3\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i$$

По этой формуле количество всех трех составных веществ (т. е. $\dot{R}$, $\dddot{R}$ и $\dddot{S}i$) должно быть по[167]стоянно. Анализы показывают напротив того, что количество каждой составной части более или менее изменчиво. Формула Лорана допускает изменчивость в количествах R и $\breve{R}$, хотя в сущности старая формула есть только частный вид формулы Лорана. Действительно, изображая формулу $\dot{R}^3\dddot{S}i + \ddot{R}\dddot{S}i$ по паям Лорана, получим $(R^2O)^3\,(Si^3O^3) + (\breve{R}^6O^3)\,(Si^3O^3)$ или

$$(R^6 + \breve{R}^6)Si^6O^{12} \text{ или}$$

$$(R + \breve{R})O^2Si$$

т. е. обыкновенная формула равна формуле Лорана, где $(R\breve{R})^2 = R + \breve{R}$ [3]

2) Ту же формулу имеют алланит, анортит, гармотом, [4] ильваит,

---

[1] $\breve{R}$ Лоран означает иногда через r.

[2] Платтнер, а ныне и Раммельсберг, выражают состав идократа чрез $3\dot{R}^3\dddot{S}i + 2\dddot{R}\,\dddot{S}i$.

[3] Я сравнивал выводы из десяти анализов и нашел, что формула Лорана по большей части ближе к действительности, чем обыкновенная формула.

[4] В барите гармотоме кислород $\dddot{S}i : \dot{R} + \dddot{R} + \dot{H} = 23{,}4 : 23{,}6$ (по анализу Керля, из Andreasberg) = 24,8 : 21,7 (по ан. Дамура, из Strontian) = 24,7 : 22,9 (Damour Morenit. из Strontian) = 23,6 : 23,6 (Келера, из Andreasberg) = 24,2 : : 22,6 (то же) = 23,9 : 23,6 (Келера, из Strontian) = 23,27 : 24,8 [Варнека (Warneck), из Giessen]. В известковых гармотомах $\dddot{S}i : \dot{R} + \dddot{R} + \dot{H} = 25{,}5 : 29{,}9$ (Genth, из Stemerel) = 25,1 : 27,6 = 24,9 : 27,5 (Damour, из Исландии) = 22,7 : : 28,5 (Marignac, из Capodibore) = 24,8 : 28,5 (Connel, из Ирландии) и друг. Предоставляю критику читателю, а я думаю, что неточность анализов имеет важное влияние на результаты; особенно трудно определение количества воды.

диоптаз, фовлерит, индиа[168]нит, кирванит [1], фенакит, фонолит, полиадельфит, ксенолит и др.

3) Ту же формулу должны иметь: хризолит ($\dot{R}^3\dddot{S}i$), тефроит ($\dot{M}n^3\dddot{S}i$), виллемит ($\dot{Z}n^3\dddot{S}i$), циркон, эпидот, данбурит, мейонит, скаполит, мелилит, цоизит, ортит, аксинит, гадолинит, как видно из замечаний Дана.

B) $Si^3O^4(R\breve{R})^2$ или Si^3O^3, $(R\breve{R})^2O$. По этой формуле количество кислорода в кремнекислоте должно быть втрое больше суммы кислорода в основаниях. Сюда относятся: полевой шпат, альбит и некоторые др. из полевошпатовых, эдельфорсит ($\dot{C}a\dddot{S}i$) и др. [2]

C) $Si^3O^5(R\breve{R})^4$ или Si^3O^3, $2[(R\breve{R})^2O]$, где отношение кислорода есть 3 : 2. Сюда — сколецит, лабрадор, сулитин, мезотип (у него часть воды входит, как основание, а часть, как кристаллизационная вода).

D) $Si^2O^3(R\breve{R})$ или Si^2O^2, $(R\breve{R})^2O$; требуемое отношение [169] кислорода = 2 : 1, напр., в волластоните, авгите, сподумене, берилле, шабазите [который есть $2(Si^2O^3R^2) + 3Aq$].

E) $Si^4O^7(R\breve{R})^6$ или $Si^4O^53[(R\breve{R})^2O]$. Отношение кислорода = 4 : 3, напр., кордиерит. [3]

F) $Si^5O^9(\breve{R}R)^8$ или $Si^5O^54[(R\breve{R})^2O]$ входит в состав топаза $Si^5O^9Al^8 + 4FAl$. [4]

Хотя формулы Лорана не лишены недостатков, но большая часть этих недостатков еще в высшей степени свойственна нашим формулам. Зато простота, немногосложность и гибкость новых формул дают им преимущество пред старыми. Впоследствии будет весьма интересно проверить общую сложность формул Лорана; интересно также видеть, как выражены в его формулах случаи полимерного изоморфизма: интересно потому, что некоторые явления этого отдела противоречат правилам Лорана. Интересно знать, например, как вы[170]разит он формулы авгитовых тальков, амфиболов и вообще тех минералов, где

---

[1] По содержанию кислорода $\dddot{S}i : \dot{R} + \ddot{\dot{R}} + \dot{H} = 21{,}0 : 20{,}2$. Thomson, из Mourne-Bergen.

[2] Несколько сходственный взгляд на состав минералов имеет Дана (J. D. Dana's Mineralogical Contribution Am. Jour. 2 Ser. XVII, № 50, 1851. 210 и XVIII, 128) по его взгляду ортоклаз $(\dot{K} + \dddot{A}l)\,Si^4$, олигоклаз $(\dot{R} + \dddot{A}l)\dddot{S}i^3$, анортит $(\dot{R} + \dddot{A}l)Si^{4/3}$ и друг., потому некоторые минералы вставлены нами в отделы Лорана, хотя они изображены только формулами Дана и не замечены Лораном.

[3] Средний вывод, приведенный нами в 48 параграфе, не допускает этой формулы, потому что по ней разность равна 2,2; он скорее требует формулы $Si^5O^9(R\breve{R})^8$, потому что тогда разность не более 0,8.

[4] Общую формулу всех кремнекислых соединений, по идее Лорана, можно выразить, мне кажется, так: $Si^aO^{a+n}(R\breve{R})^{2n}$ или $Si^aO^an\,[(R\breve{R})^2O]$. Такое тело может соединиться с водою или галоидными солями. Многие другие соли изображаются как эти соединения, напр., сернокислое кали SO^4K^2, кислое сернокислое кали SO^4KH, квасцы $SO^4K\,\frac{1}{3}\,Al\,\frac{3}{3} + 6Aq$, горький шпат $CO^6(MgCa)^2$ и т. д.

количество кремнекислоты не так постоянно, — тех минералов, где мы признаем замещение кремнекислоты глиноземом.

§ 79. Во всяком случае необходимо признать всю важность того отношения, какое существует между суммой кислорода оснований и кислородом кислоты. Это отношение для большей части минералов весьма постоянно, хотя в них и изменяется количество $\dot{R}$ и $\dddot{R}$. На значение этого отношения особенно обратил в последнее время внимание известный американский естествоиспытатель Дана. Он изображает состав всех тел, принимая возможность изоморфности $\dot{R}^3$ и $\dddot{R}$ и выражая отношение, существующее между кислородом основания и кислородом кислоты. Так, состав турмалина он выражает формулой:

$$(\dot{R}^3\dddot{R}\dddot{B})^4\dddot{Si}^3$$

Здесь выражается то, что $\dot{R}^3$ изоморфно с $\dddot{R}$ и $\dddot{B}$ (борной кислотой) и что количество их изоморфной смеси всегда постоянно, притом количество кислорода оснований ($\dot{R}^3\dddot{R}$ и $\dddot{B}$) относится в количеству кислорода в кремнекислоте, как 12 : 9 или как 4 : 3. Очевидно, что здесь повторяются идеи Лорана, только выражаются иначе, чем у Лорана. Принимая подобный изоморфизм $\dot{R}^3$, $\dddot{R}$ и др., Дана объясняет сходство форм (гомеоморфизм) многих [171] тел сходством состава. Так, он доказал, что турмалин гомеоморфен с известковым шпатом, а эвклаз гомеоморфен с баритокальцитом.[1] Баритокальцит $\dot{B}\dot{a}\dot{C}\dot{a}\ddot{C}$ и известковый шпат $\dot{C}\dot{a}\ddot{C}$ имеют сходственный состав и по диморфизму только приняли различные формы (моноклиноэдрической и гексагональной системы). Точно в таком же отношении друг к другу стоят турмалин $\overdot{(\dot{R}^3\dddot{R}\dddot{B})^4\dddot{Si}^3}$ и эвклаз $\overdot{(\dddot{Al}\dddot{Be})^4\dddot{Si}^3}$. Итак, два тела ($\dot{R}\ddot{C}$ и $(\dddot{R}^3)^4\dddot{Si}^3$) гомеоморфны в своих обоих диморфах, т. е. гомеодиморфны, подобно тому, как гомеоморфны между собой $\dddot{R}\ddot{N}$ и $\dot{R}\ddot{C}$.

§ 80. Понятия, данные Лораном о строении минералов уже сами по себе заставляли обратить внимание на формы, потому что обыкновенно считают, что химический изоморфизм, или беспредельное замещение одного другим, ведет за собой последствием одинаковость форм таких соединений. Мы уже видели несколько примеров гомеоморфности, изъясненных сходством состава по идеям Лорана. Впрочем, независимо от соображений об изоморфности $\dot{R}$ и $\dddot{R}$, Лоран пришел к мысли расширить область сходства форм. Время появления пер[172]вых идей об этом предмете принадлежит прошлому десятилетию, 1843, а особенно 1847. Не придерживаясь исторического хода, изложим в немногих словах мысли Лорана, но предварительно заметим, что боль-

[1] Для эвклаза C = 71°7′, P = 106°8′; a : b : c = 0,84 : 1 : 1,33; для баритокальцита C = 69°30′, P = 106°54′; a : b : c = 0,81 : 1 : 1,25. Sillim. Amer. Journ. (2) 1854, XVII, 211 etc.

шая часть их не утверждена еще строгими наблюдениями, а есть следствие одних наведений и предположений живого и быстрого, хоть не всегда последовательного, ума Лорана.

§ 81. Изоморфными телами обыкновенно почитают такие кристаллы, которые принадлежат к одной и той же системе, имеют почти одинаковое отношение осей и углов. Лоран видоизменяет этот закон, расширяет его, прямо называя *изоморфными такие тела, кристаллы которых имеют почти одинаковое или близкое отношение осей и почти равное измерение углов.* [1] Таким образом тела различных систем могут быть между собой изоморфны. Считают ромбоэдр в 103° изоморфным ромбоэдру в 104°, в 105°, даже в 107° (табл. II), отчего же ромбоэдр в 89°30′ или 90°30′ не может быть изоморфен кубу, т. е. ромбоэдру в 90°? Исключить промежуточную форму из ряда не значит ли разорвать его, а куб [173] есть форма, посредствующая между тупыми и острыми ромбоэдрами. [2] То же отношение существует между кубом и квадратной призмой, между призмами ромбической и квадратной, между комбинациею ромбической призмы, близкой к 120°, с микропинакоидом (∞P, ∞P∞) и между гексагональной призмой и т. д. Таким образом все системы сливаются в одно целое, устраняется резкое различие одной от другой и общим телом становится триклиноэдрическая пирамида. Действительно, изменяя отношение осей и их наклонения, из триклиноэдрической пирамиды мы можем произвести все остальные формы тел. Системы, признанные нами, суть только более или менее постоянные типы, предельные формы, состоящие в общем ряду на известном расстоянии друг от друга.

§ 82. Доказательства этого смелого предположения состоят отчасти в наведениях, отчасти в таких явлениях, где тела сходного состава принадлежат в разным системам, но имеют сходные измерения углов.

§ 83. Часто одно и то же тело, один и тот же минерал, одна и та же соль значительно изменяют форму. Бодримон (Beaudrimont), [3] Брейтгаупт, Циппе (Zippe) нашли, [174] что известковый шпат до нескольких минут изменяет угол своего ромбоэдра (?). Никкле (Nicklès) показал, что кислый яблочнокислый аммоний (bimalate d'ammoniaque) изменяет форму одного из своих углов от 108°30′ до 110°. Сверх того посмотрите в показания формы и измерений одного и того же тела, особенно из минерального царства, и вы увидите, что изменение, хотя незначительное, в углах и осях есть дело очень обыкновенное. Очень вероятно, что изменение количества изоморфов постоянно влечет за собой хотя некоторое небольшое изменение в форме. Недостает точных и сравнительных исследований по этому предмету, но там, где они есть, везде открыта некоторая изменчивость углов с изменением состава, т. е. с замещением хотя части их составных веществ их изоморфом. Так известно

---

[1] Comptes Rendus des trav. de chim. par Gerhard et Laurent I, 93; 1849, 269; Berzelius Jahresber. XXVI, 53: Compt. Rendus de Séan. de l'Acad. de Scien. XXIII, 267; XXVII, 134; XXVI, 353; Berzelius Jahresber. 1849, 17.

[2] Часто мы приводим почти словесные переводы из разных мест и сочинений Лорана.

[3] Comptes rendus XXV, 668.

уже, что горький шпат меняет угол своего ромбоэдра с изменением содержания углекислой магнезии и других изоморфов от 106°10′, и даже менее, до 106°20′и более. Он имеет ромбоэдр в 106°11′, когда содержит 54,02% $\dot{C}a\ddot{C}$, 45,28 $\dot{M}g\ddot{C}$ и 0,79 $\dot{F}e\ddot{C}$, в 106°16′, когда содержит 52,46 $\dot{C}a\ddot{C}$, 41,16 $\dot{M}g\ddot{C}$, 1,09 $\dot{F}e\ddot{C}$, 5,41 $\dot{M}n\ddot{C}$, и в 106°20′, когда состоит из 52,71% $\dot{C}a\ddot{C}$, 33,46% $\dot{M}g\ddot{C}$, 11,13% $\dot{F}e\ddot{C}$, 2,84% $\dot{M}n\ddot{C}$. [1] По[175]добное же изменение углов нашел Кокшаров при исследовании апатитов. В апатите из Эренфридерсдорфа и из изумрудных копей в окрестностях Екатеринбурга вовсе не содержится хлора и у них P : P = 142° 16′; P : P при вершине = 99°23′; P : OP = 139°42′; P : ∞P = 130° 18′. В апатитах, содержащих хлор, эти углы изменяются. Так в апатите из Юмилла, в Испании, где содержится хлор, P : P = 142°20′; P : P при верш. = 99°33′, P : OP = 139°47′; P : ∞P = 130°13′; а в апатите с Лахерского озера и из Ахматовска P : P = 142°25′; P : P при верш. = 99°47′; P : OP = 139°54′ P : ∞P = 130°6′. Г. Кокшаров заметил, что, измеряя угол между P и OP, каждый раз угадывал, содержит ли апатит хлор или нет, потому что в первом случае этот угол = 139°42′, а во втором более. Таким образом, бесспорно можно предполагать изменчивость формы с изменением изоморфов; и, если она довольно значительна при замене фтора хлором, двух тел, очень сходных по своему химическому характеру, то вероятно в форме турмалинов, ставролитов, амфиболов и др. существует еще бо́льшая изменчивость, потому что в них окислы щелочных земель заменяются закисями тяжелых металлов, и даже целые кремнекислые соли замещают друг друга (полимерное замещение). Должно предполагать некоторую изменчивость во всяком те[176]ле, где есть изменчивый член состава; от того нас не должна удивлять разность в изменениях форм одного минерала из разных местностей. Эта изменчивость лежит часто в самой сущности дела, а не есть дело ошибки. Нет только сравнительного и одновременного изучения формы и состава, а то, вероятно, многое изъяснилось бы для нас в этом отношении. Если изменчивость возможна и в форме одного и того же тела, отчего же не предположить еще бо́льшую изменчивость в двух различных телах, которых общая форма считается одна и та же? Отчего не допустить, чтобы два тела, сходных по составу и по форме, не могли принадлежать к различным системам.

§ 84. Еще ярче высказывается непостоянство закона измерений и систем над примером, разобранным Лораном над мезолитом и сходны[ми] с ним натролитом, сколецитом, мезолем и мезолиссом. Состав всех этих мезотипов Лоран * приводит к общей формуле.

$$\left.\begin{matrix} Si^3O^5\breve{A}l^3Na \\ Ca \end{matrix}\right\} + Aq$$

или

$$Si^3O^5(R\breve{R})^4 + Aq$$

[1] Первый и третий анализы сделаны Гирцелем (Hirzel), второй — Отто.

* [Méth. chim. 159. *Прим. ред.*].

Кристаллические формы исчисленных выше видов мезотипа, по нашему взгляду, очень различны, хотя в сущности очень сходны и долго считались одинаковыми, потому что измерения показывали малую разность, и общий вид всех мезотипов совершенно сходствен. Аюи считал форму мезолисса (т. е. прежнего рода равною соединению двух нынешних сколецита и мезолита) квадратною призмою (un prisme droit à base carrée). Впоследствии узнали, что мезолит [1] является действительно квадратными призмами, тогда как натролит (натристый мезотип) ромбическими. Угол этих последних найден равным 91°40′. Впоследствии Розе отличил еще форму мезотипа — сколецит, угол призмы которого равен 91°35′. Последний вид принадлежит к моноклиноэдрической системе и c (т.е. наклонение осей) = 90°54′. Лоран также сделал несколько измерений и вот результаты всех исследований:*

		Углы пирамиды		Углы призмы	Тип или система
		Правые и левые	Передние и задние		
	I.	142°	143°		
				90°45′	Ромбическая призма
		142°	143°		
	II.	141°45′	141°30′		
				?	Ромбическая
		141°45′	144°30′		
	III.	142°15′	143°10′		
				91°00′	Ромбическая
		142°15′	143°10′		
[178]	IV.	141°45′	146°40′		
				91°0′	Моноклиноэдрическая
		141°45′	142°40′		
	V.	142°30′	142 30′		
		142 30′	141°30′	?	Моноклиноэдрическая
	VI.	— —	— —	92°45′	?
	VII.	— —	— —	90°	Квадратная
	VIII.	— —	145°29′		
				91°35′	Моноклиноэдрическая
		— —	144°20′		
	IX.	— —	143°20′		
				91°	Ромбическая призма
		— —	143°20′		

I. Мезотип из Оверньи (Auvergne) № 1, по измерениям Лорана.
II. Мезотип из Оверньи (Auvergne) № 2, по измерениям Лорана.
III. Мезотип из Феро (Feroë), по исследованию Лорана.
IV. Мезотип из Оверньи № 3, по исследованию Лорана.

[1] Я держусь терминологии Наумана, а не сбивчивого обозначения французских минералогов.

* [loc. cit., 160. *Прим. ред.*].

V. Мезотип из Оверньи № 4, по исследованию Лорана.
VI. Сколецит (?) из Феро, по измерению Лорана.
VII. Сколецит, по измерению Бёдана (Beudant-Minéralogie).
VIII. Сколецит (Nauman-Mineralogie).
IX. Натролит (Nauman-Mineralogie).

[179] Между исчисленными минералами видно полное сходство во всех физических свойствах, даже в удельном весе. Таким образом, один минерал мезотип кристаллизуется в трех системах или, если угодно, три минерала, сходные и по составу и по свойствам и по углам, различаются только системой. Что-либо одно непрочно, что-либо неправильно: или общность признаков или деление на системы? На основании прежних исследований и понятий составили три вида, но тогда отчего же не сделать еще двадцать или тридцать новых видов, сообразно с малейшими изменениями углов и осей? Потому Лоран соединяет все три вида в один, не обращая внимания на систему. Мы воздержимся от этого и скажем просто, что эти три вида сходны во всех своих признаках, но различаются только системой.

§ 85. Калистая селитра кристаллизуется ромбическими призмами в 119°, натристая является ромбоэдрами в 106°, т. е. призма ее будет гексагональная в 120°. Смешанный раствор обеих солей, по показанию Бёдана, выделяет, при известных условиях, калистую селитру или в форме призм от 119° до 120°, или в форме ромбоэдро в в106°36′. Оба видоизменения отличаются лишь небольшим числом минут в измерении углов призмы. *

Сернокислый никкель обыкновенно является в виде ромбических призм, близких к квадратным, [180] подобно цинковому купоросу. Никкле показал возможность получить ту же соль в форме совершенно правильных квадратных призм. Можно было бы сказать, что в последнем случае кристалл относится к ромбической системе, но только измерение углов очень близко к квадратной, однако полярископ показывает в первой соли две оптические оси, а во второй только одну.

Итак, два тела одного и того же состава могут являться в двух системах, но по своим измерениям они в том и другом виде очень близки, так что происшедшее изменение в системе почти не изменило меры углов.

§ 86. Поразительное явление подобного рода представил нам Пастер. Средние соли винно-каменно-кислого кали, винно-каменно-кислых натра и аммиака, двойные винно-каменно-кислые соли кали и аммиака, кали и натра, натра и аммиака и, наконец, кислые винно-каменно-кислые соли кали и аммиака — все эти соли относятся к двум различным системам: к квадратной и моноклиноэдрической. Моноклиноэдрические призмы этих солей имеют квадратное основание и вообще очень близки к квадратным как по мере углов (2 градуса есть наибольшая разность), так и по отношению осей, и все эти соли той и другой системы химически изоморфны, т. е. дают при всевозможном смешении кристаллы, содержащие смесь или соединение обеих солей.

* [loc. cit. 161. *Прим. ред.*].

[181] § 87. Двухлористый хлоронафталин (le bichlorure de naphtaline chlorée $C^{10}H^7Cl + Cl^4$) кристаллизуется из спиртового раствора моноклиноэдрическими призмами с ромбическим основанием, а из эфирного раствора ромбическими призмами с основанием, совершенно равным основанию предыдущей моноклиноэдрической призмы.

Двухлористый нафталин (el bichlorure de naphtaline $C^{10}H^8 + Cl^4$) во всех свойствах очень близок к предыдущему соединению, а кристаллы его принадлежат к триклиноэдрической системе, но форма этих кристаллов как по отношению осей, так и по мере углов близка как к моноклиноэдрической, так и к квадратной форме кристаллов двухлористого хлоро-нафталина.

§ 88. Те же явления показывают и многие из общеизвестных минералов; напр., шеелит ($\dot{C}a\dddot{W}$) и шеелевая свинцовая руда ($\dot{P}b\dddot{W}$) принадлежат к квадратной системе, а вольфрам ($\dot{R}\dddot{W}$, где $\dot{R} = \dot{F}e$, $\dot{M}n$) к моноклиноэдрической системе. Изменения кристаллов той и другой формы весьма сходственны, даже у вольфрама c (т. е. наклонение осей) = 0 (Науман).

Гаусманит, т. е. $\dot{M}n\dddot{M}n$, принадлежит к квадратной системе, но его пирамида довольно близка к октаэдру, потому что наклонение граней пирамиды равно 117°54′, а у октаэдра оно равно 109°28′. Магнитный железняк ($\dot{F}e\dddot{F}e$) имеет, как известно, форму октаэдров, так что, несмотря на разность систем, [182] оба сходственные соединения обладают очень близкими формами.

§ 89. Подобных примеров в новое время наберется много, особенно из органической химии. Укажем хотя на кислый лимонно-кислый аммиак, полученный и исследованный Гейсером (Heusser, Pogg. Ann. 1853, LXXXVIII, 121). $Am^2\overline{Ci}$ [3] из кислого раствора выделяется ромбическими низкими призмами и отношение осей $a : b : c = 1 : 1{,}74022 : 2{,}39253$, из среднего раствора моноклиноэдрическими призмами с отношением осей $a : \frac{1}{n} b : c = 1 : 0{,}85901 : 2{,}39251$, т. е., если эти измерения перевести на прямоугольно наклоненные оси, то получится то же самое отношение, что и для ромбических кристаллов, иными словами: происшедшее изменение в системе не повлекло за собой изменения осей.

§ 90. На основании этих явлений Лоран, еще прежде Пастера,[1] старался сблизить формы диморфных тел. Ромбическая форма углекислой извести и ее гексагональное видоизменение не абсолютно разны, говорил Лоран: между ними целый ряд других промежуточных изоморфов.

Известков. шп. кристаллизуется призмами в	120°0′
Углекислый барит	118°57′
Углекислый стронций	117°30′
Углекислая окись свинца	117°0′
Аррагонит	116°5′

[1] О его исследованиях будет вскоре речь.

[183] § 91. Хотя об этих явлениях нельзя сказать так резко, как говорит французский ученый, однако невозможно отрицать фактов, которые со временем будут, вероятно, более и более увеличиваться в числе; невозможно не видеть постоянного перехода форм и при разности систем. Должно положить разность систем, потому что, на основании большого числа фактов, нельзя сливать их, хотя невозможно не допустить перехода форм из одной системы в другую. Поэтому будет не удивительно встретить два сходные тела, принадлежащие двум системам, не удивительно потому, что положение подобных тел в ряду кристаллических форм находится всегда на пределе, на месте сближения двух систем. Несколько иной оттенок хотим мы этим придать мысли Лорана, а вовсе не желаем изменить ее, потому то проследим деление тел по сходству форм, деление, предложенное Лораном.

§ 92. Все тела, имеющие *какое-либо отношение* по форме, он подразделяет на изоморфные, имеющие общую сходственную форму или один кристаллический тип, и на гемиморфные, имеющие разную форму. Последнее название должно бы было исключить, потому что в обыкновенном языке минералогии гемиморфными называются тела, кристаллы которых увенчаны на обоих концах главной оси неодинаковыми, не симметрическими комбинацион[184]ными площадями, как то бывает в турмалине и галмее (Брейтгаупт, Науман).

Тела изоморфные делятся, по системе Лорана, на изоморфы односистемные и разносистемные. Последние он назвал параморфными телами *. Но чтобы лучше проследить за этой системой, представим таблицу, данную Лораном.

		A		B
		Тела изоморфные		Тела гемиморфные
		Односистемные	Разносистемные	
Соединения одного и того же состава		I. Иконоидеморфные тела	IV. Изодиморфные тела	
		II. Изомероморфные тела	V. Изотриморфные тела	
Соединения различного состава		III. Изоморфные тела	VI. Параморфные тела	VII. Гемиморфные тела

§ 93. Объясним теперь пока термины Лорана, а вскоре мы увидим и примеры всех отделов. А) *Изоморфными* телами называет он такие, общая форма, весь внешний вид которых сходен. Они бывают: I. *Иконоидеморфными телами*, когда представляют совершенно один и тот же состав и принадлежат к одной и той же системе, но от[185]ли-

* [loc. cit. 172. *Прим. ред*].

чаются некоторыми комбинациями и физическими признаками. II. *Изомероморфными* телами названы такие односистемные изоморфы, эмпирический состав которых сходствен, но рациональный различен; иначе это тела в одно и то же время изомерные и изоморфные. III. *Изоморфными* телами в тесном смысле Лоран почитает тела, принадлежащие к одной и той же системе, обладающие одинаковой формой и разным составом, т. е. понятие, совершенно сходствующее с нашим понятием. Изоморфизм может происходить или a) при подобии состава, b) при составе приближенном и c) при различном составе. IV. *Изодиморфными* телами Лоран назвал все тела, имеющие тот же самый рациональный состав, но принадлежащий к разным системам; при этом общая форма тела и мера главных углов мало изменилась, как мы видим это между известковым шпатом и аррагонитом, двумя видами сернокислой закиси никкеля и др. Название изодиморфных тел прежде присвоено было таким диморфным телам, как $\dot{A}s$ и $\dot{S}b$, которые в обоих видоизменениях изоморфны. V. *Изотриморфные* тела суть наши триморфные, как $\dot{T}i$. VI. *Параморфные* тела суть те, которым принадлежит различный состав и разная кристаллическая система, но один общий кристаллический тип. B) *Гемиморфными* телами Лоран называет такие, формы ко[186]торых имеют сходственными только один или некоторые углы.

§ 94. Постараемся заключить нашу статью изложением общей системы, в какой можно расположить все тела, сравнивая их по форме и по составу. Постараемся совокупить здесь все предшествующие наблюдения.

§ 95. Сравнивая формы, мы должны различать тела: I. с абсолютно одинаковыми формами; II. односистемные, одинаково сходственноформные (физически изоморфные (§ 14) тела); III. сходно-форменные разносистемные тела, на которых лежит печать одного кристаллического типа (параморфные тела); IV. сходствующие только в частях своих форм, но имеющие различные кристаллические типы (гомеоморфные) и V. тела с абсолютно-различными формами.

§ 96. По составу мы распределим тела также на пять отделов: 1) составом абсолютно-одинаковые тела, т. е. такие, эмпирический и рациональный состав которых совершенно один и тот же; 2) изоморфные тела, с различным рациональным составом, но с одинаковым элементарным; 3) тела с одинаковым рациональным, но с различным эмпирическим составом, т. е., выражаясь по Митчерлиху, с одинаковым числом и расположением атомов Такие тела называются часто просто изоморфными, но мы думаем лучше называть их [187] химически изоморфными или сходносоставленными. Они химически, а иногда и физически, заменяют друг друга; 4) тела только физически заменяющие друг друга, другими словами: эти тела обладают различным элементарным и рациональным составом, но состоят из сходных элементов. Такие тела суть не что иное, как полимерные тела по формулам $mA + nB$ и $qA + rB$; наконец, пятый отдел тел будет представлять тела абсолютно-разные по составу.

§ 97. Тела по форме суть:

	Кристаллическая система	Кристаллический тип	Некоторые углы
Абсолютно-одинаковая	одинаковая	одинаковый	одинаковые
Изоморфные	одинаковая	одинаковый	близкие
Параморфные	различная	одинаковый	близкие
Гемиморфные	различная	различный	близкие
Абсолютно-разные	различная	различный	разные

Тела по составу могут быть:

	Состав		Ближайшие элементы, образующие соединение
	Эмпирический	Рациональный	
Абсолютно-одинаковые	одинаковый	одинаковый	одинаковы
Изомерные	одинаковый	различный или одинаковый	различны или сходны
[188] Химически изоморфные, сходственные или сплавленные	различный	одинаковый	сходны
Полимерные	различный	различный	сходны
Абсолютно-различные	различный	различный	различны

Изоморфные сходственно составленные тела суть *изотомы*, изоморфные и изомерные суть *изомероморфы*; изоморфные разносоставленные суть *гомеоморфы*; параморфные и в то же время абсолютно одинаково составленные — *диморфы*; параморфные сходственно составленные суть *параморфы* в тесном смысле; разноформенные и в то же время разносоставленные суть *анизотомы*.

Установив такую номенклатуру, посмотрим на отношение состава и форм.

§ 98. I) *Абсолютно сходственными по форме* бывают тела по преимуществу абсолютно сходные и по составу; иначе: индивидуальные предметы одного и того же минерала или вообще соединения с неизменным составом. Абсолютное сходство форм при замещениях различного рода вещь очень сомнительная, хотя мы обыкновенно привыкли считать форму одного и того же минерала при различных замещениях совершенно постоянною. То же заметим и об полимерно-составленных телах одного и того же минерального вида. Потому-то не думаю, чтобы [189] форма различных сортов турмалина была со-

вершенно одинакова. Об абсолютной сходственности форм некоторых изоморфных тел мы сказать ничего не можем, потому что этот предмет почти не исследован.

Таким образом, по нашему мнению, абсолютное сходство форм является только:

1) При абсолютном сходстве состава; а для тел
2) Изомерных,
3) Сходственно составленных (химически изоморфных) и
4) Полимерных — абсолютное сходство форм вещь сомнительная.
5) Для тел, имеющих абсолютно различный состав, мы, не сомневаясь, отвергаем возможность существования абсолютно сходственных форм. Заметим при этом, что мы не принимаем во внимание абсолютного сходства многих тел правильной системы.

§ 99. II) *Изоморфные формы* (§ 14) свойственны телам всех возможных родов, между ними мы найдем и абсолютно-одинаково и абсолютно-разно составленные тела; изомеры и полимерные тела довольно часто являются одинаковыми формами.

§ 100. 1) Очень многие тела, имеющие *один и тот же состав*, являются не в абсолютно одинаковых формах, и мы уже упоминали о том, что в форме известкового шпата отыскивали некоторую разность в измерении углов. К тому же отделу [190] должно отнести иконоидеморфные (от *εἰκων* образ, *εἰδος* вид и *μορφη* форма) тела Лорана. Под этим названием разумеются такие абсолютно-сходные по составу тела, которые в своих формах, равно как и в некоторых свойствах, отличаются так, что одна форма служит дополнением другой. Кварц составляет один из лучших примеров: часто на углах его призмы появляются косвенно приостряющие односторонние площадки тригонального трапецоэдра и иногда правого $\left(r\frac{mPn}{2}\right)$, а иногда левого $\left(l\cdot\frac{mPn}{2}\right)$. Известно, что обе эти формы кварца различаются способностью в различные стороны уклонять дополнительные лучи при круговой поляризации. Обе формы дополняют друг друга. Кроме того в минеральном царстве много таких примеров: в числе комбинаций цинковой обманки встречаются правые и левые тетраэдры $\left(\frac{0}{2}\text{ и }-\frac{0}{2}\right)$; медный колчедан является с преобладанием то правого, то левого тетраэдра $\left(\frac{P}{2}\text{ и }-\frac{P}{2}\right)$ и многие другие. Исследования Пастера показали, что очень многие органические тела должны быть отнесены к этому отделу; особенно интересны его изыскания о правой и левой винно-каменных кислотах и их солях. [1] Прекрасно [191] характеризует подобное отношение форм, говоря, что каждая форма таких соединений равна другой настолько, насколько форма каждого предмета равна форме

[1] Pasteur, Ann. Chim. et Phys. (3) XXVIII, 56; Recherches sur les propriétés spécifiques des deux acides, qui composent l'acide racémique, acides dextro-racémique ou tartrique et lévoracémique. Tab. II, fig. 1 и 4.

его изображения в зеркале. Действительно, таково отношение иконоидеморфных тел между собою, напр., форма правого сфеноида равна *изображению левого в зеркале*.

§ 101. 2) Изоморфные тела могут быть сходны по элементарному, но отличны по рациональному составу (изомерные). Такие тела Лоран назвал изомероморфными и это название справедливо утвердилось в науке. Если нафталин, т. е. $C^{20}H^8$, [1] сначала обрабатывать бромом, а потом хлором, то при известных условиях получается $C^{20}H^4Br^2Cl^2$; если поступить наоборот, т. е. обрабатывать нафталин сперва хлором, а потом бромом, получается $C^{20}H^4Cl^2Br^2$. Оба тела отличаются друг от друга некоторыми свойствами, что зависит от того, что хлор заменяет бром, и наоборот; т. е. хотя в обоих телах число и расположение атомов то же, однако на том месте, где стоит в одном теле бром, в другом уместился хлор, и обратно. Итак, эти тела изомерны, но они и изоморфны, ибо имеют почти совершенно одинаковое измерение углов. * Этот пример послужил Лорану началом [192] для образования отдела изоморфных тел. Впоследствии он привел еще более ясный пример подобного же явления. Замещая водород в цинхонине (органическом алкалоиде, встречающемся в хинной корке), хлором или бромом, получается хлор- или бром-содержащий алкалоид — хлоро- и бромоцинхонин. Соединим хлоро-цинхонин с бромисто-водородною кислотою, — получится бромисто-водородный хлоро-цинхонин, по составу подобный бромистому аммонию (нашатырю); соединим наоборот бромоцинхонин с хлористо-водородною кислотою, получим хлористо-водородный бромо-цинхонин. Обе галоидные соли имеют различное строение (это подтверждается тем, что, обрабатывая первую соль едким кали, мы получаем бромистый калий, обрабатывая вторую — хлористый калий); а между тем обе соли имеют совершенно одинаковую кристаллическую форму. Весьма было бы интересно сделать несколько подобных опытов по отношению к неорганической химии; например, известно, что хлористая ртуть с иодистым калием дает двойную кристаллическую соль, интересно бы получить двойную соль из хлористого калия и иодистой ртути и сличить обе двойные соли по свойствам и по кристаллической форме. Вместо сулемы можно взять синеродистую ртуть и вообще изменить опыт по произволу.

§ 102. 3) Изоморфизм может происходить и между телами, имеющими разный элементарный и [193]одинаковый рациональный состав, т. е. между телами сходственно составленными. Одновременность химического и физического изоморфизма и составляет изотомию Коппа (§ 35). Свойство изотомных тел есть то, что их удельные объемы сходственны (§ 29) и они могут беспредельно замещать друг друга.

---

[1] Кристаллическое вещество, получающееся при сухой перегонке каменного угля, дерева и других веществ.

* [Первые наблюдения Laurent были, повидимому, ошибочны. В третьем томе Traité chim. org. Ch. Gerhardt [418 (1854)] указывается существование только одного соединения формулы $C^{10}H^4Br^3Cl^3$ (Naphtaline-bibromo-bichlorée). Оба соединения упоминались, впрочем, еще в 3-ем изд. Hdb. Beilstein'a (B. II, 193), но без указания их свойств. *Прим. ред.*].

Можно было бы различить здесь такие изотомы, которых радикалы изоморфны, и такие, которых радикалы гетероморфны, можно было бы отличить различные виды изотомии соединений без изоморфизма составляющих (§ 30) и таким образом разделить эти тела на несколько групп. Сюда [принадлежат] $\dot{T}i$ и $\dot{S}n(Sn^2O)$; $\ddot{F}e(\breve{F}e^2O)$, $\ddot{A}l(\breve{A}l^2O)$ и $\dot{F}e\ddot{T}i(Fe\bar{T}iO)$, $\dot{C}a\breve{C}(CO^3Ca^2)$, $\dot{M}g\breve{C}(CO^3Mg^2)$ и многие другие общеизвестные изоморфы (§ 23). [1]

§ 103. Изоморфизм может происходить и при полимерном замещении одного тела другим или одного атома тела несколькими атомами другого (§ 46). Эти соединения иногда беспредельно замещают друг друга, напр., в тальках, в змеевике и оливине и др. (§ 52 — 70). С первого раза, да и при внимательном исследовании, довольно затруднительно согласить многие явления полимерного изоморфизма с теориею Лорана, например, изоморфность $3\dot{H}$ с $\dot{M}g$ [194] и другие; однако, по теории Лорана, целый новый ряд изоморфных соединений подходит под отдел полимерных изоморфов. К таким соединениям принадлежат многие органические тела, особенно те, где произошло замещение простого тела сложным радикалом. Таким образом, замещая в феновой кислоте (Phenol s. Spirol, Lalicon, водная окись фенила) водород окисью азота, получили два соединения: в одном два, а в другом три пая водорода замещены окисью азота. Из:

$$C^6[H^6]O \text{ (по паям Жерара)}$$

получается динитрофеновая кислота:

$$C^6[H^4(NO^2)^2]O \quad \text{или} \quad C^6\begin{matrix}H^4\\(NO^2)^2\end{matrix}O$$

и тринитрофеновая кислота:

$$C^6[H^3(NO^2)^3]O \text{ или } C^6\begin{matrix}H^3\\(NO^2)^3\end{matrix}O$$

Два последние соединения имеют одну и ту же кристаллическую форму; вероятно и первое соединение изоморфно с ними, но кристаллы его обыкновенно так неясны, что истинная форма их не известна.

К подобным же явлениям полимерии должно отнести изоморфность уксуснокислой окиси меди с маслянокислою окисью того же металла.

[195] $$\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Cu\end{matrix}\right\}O + Aq \text{ (по Жерару)}$$

и

$$\left.\begin{matrix}C^4H^7O\\Cu\end{matrix}\right\}O + Aq \text{ *}$$

---

[1] Интересны примеры, где водород придает одну и ту же формулу, как и металлы; например щавелевая кислота $[H^2C^2O^4]$ изоморфна с щавелевокислой магнезиею $\dot{H}C\,O^8\dot{M}gC^2O^3$, также $\dot{C}u\ddot{N} + 3\dot{H}$ и $\dot{C}u^3\ddot{N} + \dot{H}$.

[* Атомный вес меди здесь половинный. *Прим. ред.*].

Никкле и Мариньяк (Nicklès et Marignac — Archives des sciences physiques et natur., Genève, XII 236) из немногих примеров заключили, что все соли жирных кислот [соответствующих кислотам acides homologues Laurent, т. е. имеющих общую формулу $(CH^2)^nO^2$, по Жерару, или $C^nH^nO^4$] * с равным количеством кристаллизационной воды изоморфны. Хотя заключение их сделано несколько поспешно, однако вовсе не лишено достоверности. Те же ученые показали, что соединения различных органических алкалоидов с одной какой-либо кислотой также изоморфны; именно Никкле показал изоморфность щавелевокислого этильамина с щавелевокислым метильамином. [1] Впрочем, последние явления совершенно сходствуют с явлениями обыкновенного изоморфизма, и потому, хотя заключения Никкле сделаны почти без фактических оснований, однако очень вероятны. Альт (Dr. Titus v. Alth. J. f. [196] prakt. Chem. 1854, XIII, 145) показал, что квасцы не меняют своей обыкновенной формы, когда в них щелочь заменена метильамином ($C^2H^{12}N^2O.SO^3$***$+Al^2O^3$, $3SO^3+24H^2O$,) этильамином и амильамином. Но его исследования показали также, что пропионово-кислая окись меди (моноклиноэдрической системы) не изоморфна ни маслянокислой окиси меди (триклиноэдрической), ни валериановокислой окиси меди, хотя последняя соль, как и первая, триклиноэдрической системы.

К отделу полимерного изоморфизма должно отнести весьма многие случаи гомеоморфизма. Для сравнения выставим на вид старые и новые формулы таких соединений:

$$\left.\begin{matrix}PbS\\AgS\\Cu^2S\end{matrix}\right\} \text{ и } \left\{\begin{matrix}S\,Pb^2\\S\,Ag^2\\S\,\dot{C}u^2\end{matrix}\right.$$

$$\left.\begin{matrix}Na\,\ddot{\ddot{N}}\\\dot{C}a\,\ddot{C}\\3AgS\,SbS^3\end{matrix}\right\} \text{ и } \left\{\begin{matrix}NO^3\,Na\\CO^3\,Ca^2\\SbS^3\,Ag^3\end{matrix}\right. [2]$$

[* Теперь $C^nH^{2n}O^2$ — предельные одноосновные кислоты. *Прим. ред.*].

[1] $C^2H^5(NH_3)$, C^2O^3 и $CH^3(NH^2)$, C^2O^3, или эмпирически. **

$C^6H^7NO^3$ и $C^4H^5NO^3$ или по Жерару $\left.\begin{matrix}CO^2\\C^2H^5\\H\\H\end{matrix}\right\}N\Big\}O$ и $\left.\begin{matrix}CO^2\\CH^3\\H\\H\end{matrix}\right\}N\Big\}O$

[** Обеим солям приписаны случайно неверные формулы. Веществ такого состава до сих пор не получено. Верные формулы, но не в обычной транскрипции: оксалата аммония — $C^2O^4H^2+H^6N^2+H^2O$, оксалата метиламид: $C^2O^4H^2+H^6N^2+2CH^2$ и оксалата этиламина $C^2O^4H^2+H^6N^2+4CH^2$, даны Лораном (Méth. chim., 176), который замечает, что оксалаты метил- и этиламинов изоморфны между собою, но гемиморфны с оксалатом аммония. *Прим. ред.*].

[*** Формула исправлена. В оригинале — $C^2H^5N\cdot SO^3$ и т. д. *Прим. ред.*].

[2] **Красная серебряная руда изоморфна известковому шпату, как показал Розе.**

$$\left.\begin{matrix}\dot{K}\ddot{N}\\ \dot{C}a\ddot{C}\\ (Cu^2S + 2PbS)\,SbS^3\end{matrix}\right\} \text{ и } \left\{\begin{matrix}NO^3K\\ CO^3Ca^2\\ SbS^3Pb^2Cu\ ^1\end{matrix}\right.$$

$$\left.\begin{matrix}C^4H^4O^4\\ C^6H^6O^4\\ C^8H^8O^4\end{matrix}\right\} \text{ и } \left\{\begin{matrix}O^2 2CH^2\\ O^2 3CH^2\\ O^2 4CH^2\ ^2\end{matrix}\right.$$

$$[197]\ \left.\begin{matrix}C^{20}H^8Cl^4\\ C^{20}H^7BrCl^2\end{matrix}\right\} \text{ и } \left\{\begin{matrix}C^{10}H^8 2Cl^2\\ C^{10}H^7BrCl^2\ ^3\end{matrix}\right.$$

В этих пяти примерах видна возможность полимерного изоморфизма между Pb, Ag и 2Cu, между Na, 2Ca и 3Ag, между K, 2Ca и Pb^2Cu, между $2CH^2$, $3CH^2$ и $4CH^2$, между Cl^2 и $2Cl^2$. Здесь можно видеть также преимущество новых формул.

Только немногие из изоморфов этого отдела могут образовать изоморфные смеси; таковы Cu^2S и AgS, которые беспредельно замещают друг друга в полибазите. Впрочем мы видели и другие полимеры этого. Например, в ряду тальков, кианитов и других минералов можно принимать беспредельное замещение членов A и B, а в ряду полимерно изоморфных тел Шерера можно видеть беспредельное замещение $3\dot{H}$ и $\ddot{\dot{R}}$; $2\ddot{S}i$ и $\ddot{A}l$ и др.

Об удельном объеме этих изоморфов можно сказать лишь то, что он *почти не исследован*; впрочем немногие примеры, исчисленные на третьей таблице, показывают простое отношение между объемами многих тел, сходных по форме, а надлежащее уравнение вида формул вероятно дает еще более сходственные результаты (§ 72 и 104).

§ 104. 5) Кроме всех этих более или менее поясненных и понятных для нас случаев, часто существует изоморфизм между телами, состав ко[198]торых, по нашим понятиям, не имеет *никакого между собой соотношения*. Это есть гомеоморфизм в теснейшем смысле этого слова. Мы не раз упоминали о примерах подобного рода; впрочем мы откидываем все те минералы правильной системы, ряд которых представляет блестящий и огромный пример того явления, которому мы удержим название гомеоморфизма, принимая его значение в смысле более тесном, чем прежде, потому что мы выделили явления полимерии. Интересно было бы проследить величину удельного объема для таких тел, интересно потому, что тогда можно было бы заключить об отношении между удельным объемом и кристаллическою формою. Нашему уму не свойственно думать о внешнем явлении без причины; мы всегда ищем ее и успокаиваемся, только найдя хоть шаткое основание, на котором можно было бы утвердиться. Конечно, мы еще не проникли

[1] Бурнонит (табл. 3).
[2] Уксусная, пропионовая и масляная кислоты.
[3] Двухлористый нафталин и хлористый бромонафталин.

в природу форм, когда сказали, что тела сходственного состава имеют довольно часто сходственную форму, но тем не менее это положение служит для нас основанием и мы спокойными глазами глядим на явления, подходящие под наш закон, опирающиеся на нами построенное основание. Наблюдая единство форм вне этого начала, часто признают случай, старинный ludus naturae, поводом к этому явлению, а не замечают, что игру ведет здесь не природа, а наш ум, построивший себе карточный [199] домик, в который он хочет уместить всю природу; мы не видим, что сочинив *закон* из трех, десяти явлений, мы вовсе не проникли сущности дела, что мы, может быть, очень недалеки от скользкой поверхности. Мне кажется, что форма вовсе не зависит от состава, что только объемы имеют влияние на них. Отрицательную часть этого положения можно подтвердить тем, что начиная с изотомов, доходя до полимерных изоморфов и до гомеоморфов, мы переходим ряд сходноформенных тел, более и более отличающихся по составу. Положительная часть предположения есть часть чисто гипотетическая в отношении к полимерным изоморфам и гомеоморфам. Впрочем она не может быть решена до тех пор, пока мы не найдем средства однообразно выражать состав несходно составленных тел, пока не определим важность составных частей для формы. В видоизменениях турмалина, ставролита и полевого шпата (стр. 98) сходство форм согласно со сходством удельных объемов, когда состав отнесен к сходственному числу паев кремнекислоты, из чего можно заключить о важности количества кремнекислоты для формы названных минералов. В самом деле разные их видоизменения имеют различный состав, но формы и объемы их одинаковы, когда формулы приведены к равному количеству кремнекислоты. Я думаю, что в различных минералах различные составные ча[200]сти будут иметь существенное влияние на формы, подобно тому, как разнообразны бывают минерализующие (автотипические) вещества, придающие телам главнейшие физические (преимущественно оптические) свойства. На этих началах, кажется, мы можем основаться тверже, чем на сходстве состава.

§ 105. Заметим здесь, что уже положено начало подобных исследований; удалось уже показать, что изоморфизм, даже так называемый случайный, имеет прямое отношение с удельным объемом. Мы обязаны американскому минералогу Дана показанием этого отношения. Плодом своих исследований [1] он полагает закон, который мы выразим так: удельные объемы изоморфных и гомеоморфных тел прямо пропорциональны числу паев простых тел (или их мультипликату), образующих соединения.

Таким образом

$$\text{Уд. Об.}:(\text{Уд. Об.}) = nr : m(r),$$

где Уд. Об. означает удельный объем, а r — число паев. Потому, другими словами, можно выразить это правило так: если разделить

---

[1] Americ. Journ. II, Ser. IX, 217; IX, 407; X, 221; XII, 204; J. f. pr. Ch. LIV, 115; LV, 299.

удельные объемы на число атомов, то мы получим величины, находящиеся в простом отношении для большей части изоморфных и гомеоморфных тел, т. е.

$$[201]\quad \frac{\text{Уд. Об.}}{\text{г}} : \frac{\text{(Уд. Об.)}}{\text{(г)}} = \text{n} : \text{m}.$$

Удельный объем, деленный на число атомов, Дана называет восстановленным объемом атома или просто *восстановленным объемом*. Действительно, сравнивая такие объемы для тел гомеоморфных (табл. 3), мы видим большое сходство. [1] Для пяти видов (§ 71) турмалина восстановленные объемы очень близки:

44,09—44,34—44,31—44,36 и 44,05

Для полевошпатовых Дана получил следующие восстановленные объемы атомов:

	Уд. Об.	Восстанов. Об. Ат.
Ортоклаз	1388,0	60,4
Локасоклаз	1063,0	56,0
Баулит	2178,1	55,8
Альбит	1280,4	55,7
Лабрадор	795,5	53,0
Олигоклаз	1032,3	54,6
[202] Андезин	2806,0	54,8
Анортит	1917,0	51,9
Петалит [2]	6071,8	57,3

Для видов авгита:

$(\dot{C}a, \dot{M}g)^3\ \ddot{S}i^2$	637,0	45,5
$(\dot{C}a, \dot{M}g, \dot{F}e)^3, \ddot{S}i^2$	645,2	46,1
Геденбергит	673,4	48,1
Гудзонит	706,0	48,9
$\dot{F}e^3, \ddot{S}i^2$	674,7	48,2
$\dot{M}n^3, \ddot{S}i^2$	684,8	48,9
Среднее		47,6

[1] Очевидно, что для всех истинных изоморфов, где строение (т. е. и число паев) и удельные объемы равны, восстановленные объемы будут очень близки, например (таблица I) для $\dot{F}e$, $\dot{A}l$ и $\dot{C}r$ восстановленные объемы равны 38, 37, 37. Но иногда только этими объемами можно изъяснить изоморфизм тел; например, изоморфизм As и Sb изъясняется тем, что их объемы относятся 167 и 240, почти как 2 : 3.

[2] Формулы этих минералов суть:

$$\dot{R}\ddot{S}i + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^3;\ \dot{R}\ddot{S}i^2 + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^6;\ \dot{R}\ddot{S}i + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^3;\ \dot{R}\ddot{S}i + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^6;\ \dot{R}\ddot{S}i + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i;\ \dot{R}\ddot{S}i + \dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^3;$$

$$\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 3\dot{\ddot{R}}\ddot{S}i;^3;\ \dot{R}^3\ddot{S}i + 3\dot{\ddot{R}}\ddot{S}i\ \text{и}\ \dot{R}^3\ddot{S}i^4 + 4\dot{\ddot{R}}\ddot{S}i^4.\ *$$

[* См. § 67 и 68. *Прим. ред.*]

Если сравнить эти объемы с объемами роговой обманки, то увидим большую близость тех и других. В самом деле, различные видоизменения роговой обманки имеют восстановленные удельные объемы 48,6—47,2—48,4—48,2, или средний 48,1. Замечательно, при этой близости объемов, как и всех свойств, и состава (стр. 94), что между осями обоих минералов существует очень простое отношение:

	a	b	c
Для авгита	1,095	: 1 :	0,591
Для роговой обманки .	0,544	: 1 :	0,294
или почти как	$\frac{1,095}{2}$	: 1 :	$\frac{0,591}{2}$

[203] Эта близость, признанная уже большею частью исследований, [1] еще более сближает оба минерала, столь затруднительные при изучении. Вероятно, что разность температур, при которых происходили они, или другие условия изменили их формы, но изменили так мало, что переменилось одно только преобладание той или другой комбинации. Отношение осей, вероятно, если будет сравнено при надлежащих температурах, совершенно рационально для авгита и амфибола, так что, если пирамиду амфибола обозначим чрез P, то пирамида авгита будет 2P2. Все это заставляет надеяться, что старание некоторых минералогов будет со временем увенчано успехом; амфибол и пироксен станут друг к другу в ближайшее соотношение, чем ныне, — составят виды одного рода.

Многие из гомеоморфов, указанных на 3 таблице, подходят под закон Дана, имеют равные или пропорциональные восстановленные объемы.

Дана замечает, что авгит ($\dot{R}^3\ddot{S}i^2$) и бура ($\dot{N}a\ddot{B}^2 + 10\dot{H}$) суть соединения гомеоморфные, потому, что:

	Угол призмы	и площадей [2]:
Авгита	87°61′	106° 6′
Буры	87° 0′	166°35′

[204] а отношение осей:

	a : b : c
для авгита	= 1,095 : 1 : 0,591
для буры	= 1,100 : 1 : 0,563

Глауберовая соль $\dot{N}a\ddot{S} + 10\dot{H}$ также должна быть отнесена к этому отделу, потому что для нее соответствующие углы равны:

86°31′ и 104°41′,

а отношение осей:

a:b:c=1,116:1:1,237,

---

[1] Германа Untersuchungen über die Zusammensetzung der Pyroxene. Bull. d. la Soc. Naturalist de Moscou. 1853, № III, 195.

[2] Т. е. a : b : ∞c и второе: угол между c : ∞a : b, a : ∞b : ∞c.

т. е. третья ось c почти вдвое более, чем ось c у авгита и буры; но это показывает только преобладание в глауберовой соли другой комбинации, чем в буре и авгите, и для нее мы получим:

$$a : b : \frac{c}{2} = 1{,}116 : 1 : 0{,}618$$

Как различен состав данных трех минералов, так же несходны и их удельные объемы:

Уд. Об. для авгита	666,4
Уд. Об. для буры	1391,6
Уд. Об. для глауберовой соли . . .	1290,5 [1]

Однако восстановленные объемы очень близки:

[205] Для авгита	47,6
Для буры	46,4
Для глауберовой соли	49,6

Таким образом в трех соединениях постоянны только форма да восстановленный объем, что и заставляет полагать зависимость этих двух фактических проявлений сущности тела.

Красная свинцовая руда и монацит представляют другой пример подобной зависимости. Первый минерал есть хромовокислая окись свинца ($\dot{P}b\ddot{\dot{C}}r$), второй — фосфорнокислый церий с изоморфами ($\dot{R}^3\ddot{\dot{P}}$). Обе эти соли гомеоморфны, принадлежат триклиноэдрической системе и имеют соответствующие углы.

	Призмы		Между площ. призмы и пинакоидом
$\dot{P}b\ddot{\dot{C}}r$	93°40′		99°11′
$\dot{R}^3\ddot{\dot{P}}$	93°10′	(95 Густ. Розе)	100° 0′

Все почти комбинации их очень близки.

	Уд. Об.	Восст. объем
$\dot{P}b\ddot{\dot{C}}r$	333,8	55,6
$\dot{R}^3\ddot{\dot{P}}$	617,2	51,4

Рассмотрим еще некоторые другие примеры из предложенных Дана:

		Угол ромбоэдра	Ось
Корунд	$\dddot{Al}$	86° 4′	$a = 1{,}3617$
Фенакит	$\ddot{Be}\dddot{Si}$	83°12′	$2a = 1{,}3916$

[1] Здесь приведены числа, найденные Дана; на табл. III можно видеть числа, найденные нами.

[206] Объемы обоих тел:

	Уд. Об.	Восст. Об.
Для корунда	161,7	32,3
Для фенакита	354,0	35,4

С ними изоморфны $\dddot{F}e$, $\dddot{C}r$ и друг.

Группу подобных изоморфов составляют:

A) кварц $\dddot{S}i$,

B) шабазит $\overline{\dot{C}a\ \dot{N}a\ \dot{K}}^{3}\ \dddot{S}i^{2} + 3\,\dddot{A}l\,\dddot{S}i^{2} + 18\dot{H}$,

C) берилл $\dddot{B}e\,\dddot{S}i^{2} + \dddot{A}l\,\dddot{S}i^{2}$,

D) нефелин $\dot{R}^{2}\dddot{S}i + 2\dddot{A}l\,\dddot{S}i$.

	Угол гексагон. пирамиды		Ось a	Уд. Об.	Восст. Об.
A	103° 35′		1,0996	218,0	54,5
B (R)	95° —		1,0798	4582,4	51,5
C	59° 55′	(2a)	0,9986	1449,9	55,7
D	56° 14′	(2a)	0,9258	1473,2	56,6

Кроме того Дана разбирает другие группы изоморфов и гомеоморфов: 1) хризоберилл [Восст. Об. 37,1], оливин [41,6], горькая соль [44,0], пикросмин [45,7] и топаз [42,6]; [1] 2) сера [98,4] и скородит [47,1]; 3) марказит [52,5], письменная руда [113,7], целестин [49,0], тяжелый шпат [53,9]; свинцовый купорос [50,2]; 4) андалузит [41,8] и сподумен [43,5]; 5) мышьяковый колчедан [66,6], оливенит [51,4] и либетенит [50,5]; 6) шеелит [50,3], фергузонит [57,0] и желтая свинцовая руда [59,3]; 7) циркон [41,1], рутил [40,8] и оловянный ка[207]мень [44,8]; 8) скаполит [54,0], мейонит [55,6], вернерит [51,6], барзовит [52,0] и геленит [51,1]; 9) везувиан [44,6], каломель [40,6] * и анатаз [44,6]; 10) лейцит [63,1], анальцим [62,6], гаюин [59,2], нозеан [63,7] и содалит [68,8] и другие.

Из изоморфных групп, известных прежде, заметим две: известковошпатовую и аррагонитовую.

	Уд. Об.	Восст. Об.
Известковый шпат	231,2	46,2 [1]
Доломит	202,3	40,5 —
Марганцовый шпат	200,4	40,1 —
Железный шпат	188,5	37,7 —
Мезитин шпат	186,2	37,2 —
Магнезит	181,2	36,2 —
Цинковый шпат	177,6	35,3 [1]
Натристая селитра	507,6	63,4 [2]
Светлая красная серебряная руда .	1125,0	112,5 [4]
Темная красная серебряная руда .	1183,6	118,3 [4]

[1] Величина многих вычислена неправильно, напр., восстановленный об. хризоберилла равен 72, а не 37, и др.

* [В оригинале — 140,6; повидимому — опечатка. *Прим. ред.*].

Не очень-то значительное сходство и простоту в отношениях замечаем мы здесь, и это тем более поразительно, что все величины восстановленных объемов очень незначительны. Для другой группы отношение не менее отдаленно.

Аррагонит	216,0	43,2 [1]
Стронцианит	252,0	50,5—
Белая свинцовая руда	253,0	50,6—
Витерит	286,4	57,3 —
Селитра	652,5	81,5 [2]
Бурнонит	3223,3	97,5 [2]

[208] Таким образом восстановленный объем изъясняет нам, как и удельный объем, только часть явлений; многие трудно подходят под его законы. Даже если сравним величины восстановленных объемов разновидностей одного минерала, как, напр., ставролита (§ 72), то получим для них очень различные величины. Именно для первой группы ставролита восст. об.=37,86, для второй 38,91, а для третьей 27,32.

Таким образом, предположение об важности объемов нашло частное подтверждение в изысканиях Дана. Впрочем нельзя входить в крайность; нельзя считать форму зависящею от одних объемов, должно полагать только, что объемы важнее состава, что сходство составов требует сходства форм только потому, что первое сходство обусловливает близость объемов, а сходные объемы определяют одинаковую форму. Зависимость форм определяется не только составом и объемом, но есть плод, вывод из совокупления многоразличных физических определяющих начал, для нас еще мало известных (§ 73).

§ 106. Об изоморфизме разносоставленных веществ заметим, что иногда для них можно сделать некоторое наведение, можно видеть некоторое сходство в их составе и потому отнести их или к телам сходно составленным, или к полимерным телам. Так, изоморфизм водного кислого сернокислого кали ($\dot{K}\ddot{S}^2 + \dot{H}$) с полевым шпатом [209] ($\dot{K}\ddot{\dot{S}}i + \dot{\dot{A}}l\ddot{S}i^3$) можно *основывать* на некотором сходстве состава. В самом деле Грем доказал, что формулу водного кислого сернокислого кали должно изображать:

$$KO,\ SO^3 + HO,\ SO^3,$$

а Берцелиус дал полевому шпату формулу

$$KO,\ SiO^3 + Al^2O^3\ 3SiO^3.$$

Если изобразим состав единичной формулой и представим все окислы в R^2O, то получим еще большее подобие формул:

$$H^2K^2S^2O^8$$

и

$$K^2\breve{3}\breve{A}l^2Si^4O^{16}$$

или:

$$(H^2K^2)Si^2O^8$$

$$(KAl^3)Si^2O^8$$ [1]

§ 107. Вообще везде, где можно, стараются отыскать сходство состава при одинаковости форм, потому что увлекательное правило Митчерлиха дает такому изоморфизму опору и оправдание. Начала Митчерлиха лежат в основании всех почти последующих мнений об изоморфизме. Если Шерер признает $3\dot{H}$ изоморфными $\dot{M}g$, то главною побудительною причиною к тому служило то, что когда-то [210] сходство форм нескольких тел изъяснялось сходством полимерного состава. При развитии своей идеи Шерер отступал от начал Митчерлиха, но он всегда считал сходство полимерных тел только сходством наружным, а не сходством, истекающим из природы соединений. Везде, где только можно, Шерер старался оправдать изоморфизм сходством состава. Так еще в конце прошлого года Шерер прибегает к подобному способу изъяснения гомеоморфизма тяжелого шпата, гердерита ($\dot{C}a$, $\dddot{A}l$, $\ddot{P}$, F, по анализу Платтнера), прозопита ($CaF + AlF^3 + x\dot{N}$) и датолита [$3(\dot{C}a\ddot{S}i + \dot{C}a\ddot{B}) + (\dot{H})\ddot{S}i$], [2] а также целестина ($\dot{S}r\ddot{S}$), англезита ($\dot{P}b\ddot{S}$), глазерита ($\dot{K}\ddot{S}$), тенардита ($\dot{N}a\ddot{S}$), ангидрита $\dot{C}a\ddot{S}$ и леадгиллита $\dot{P}b\ddot{S}+3\dot{P}b\dot{C}$). Их гомеоморфизм виден из близости форм:

	$\dot{B}a\ddot{S}$	Гердерит	Прозопит	Датолит
∞P	116° 22′	115° 53′	116°	115° 26′
$\breve{P}\infty$	105° 24′	115° 9′	$116\frac{1}{2}°$	115° 26′

Чтоб изъяснить это, Шерер подводит состав всех четырех минералов под одну общую формулу:

$$\dot{R}\dddot{A},$$

где $\dot{R}$ есть электроположительное тело или основание, состоящее из радикала с 1 паем кислорода, иногда замененного фтором, а $\dddot{A}$ означает кислоту [211] с 3 паями кислорода, отчасти заменяемого фтором, и с одним паем радикала, состоящего из простого или двойного пая. Очевидно, что формулы тяжелого шпата, целестина, англезита и др. прямо подходят под формулу $\dot{R}\ddot{S}$. Состав прозопита Шерер выражает $\dot{R}\dddot{A}+x\dot{H}$ или $\dot{R}\,\dddot{A}$, принимая водород изоморфным $^1/_3$ R, и фтор кислороду; датолит есть $(\dot{R})\dddot{A}$, где $\dot{R}=\dot{C}a$ и $3\dot{H}$, а $\dddot{A}=\dddot{B}$ и $\dddot{S}i$. Состав гердерита можно принять за состав прозопита, в котором

[1] Здесь принята формула кремнекислоты SiO^8.

[2] Принимая изоморфизм $3\dot{H}$ с $\dot{M}g$.

фтористые соли замещены фосфорнокислыми, а это замещение, продолжает Шерер, происходит и в апатитах, состав которых есть $nR^3\dot{P} + + CaF$ (Journal f. praktisch. Chemie LXIII, 450). Способность подобного замещения галоидных солей кислородными и наоборот еще ранее была принята Германом (§ 70, Bullet. de la Société Imp. des Natur. de Moscou. 1852. III, 199).

§ 108. III. Следующая степень отношения форм двух тел есть общее сходство, близость форм, при различии кристаллографических систем. Это отношение Лоран называет *параморфизмом* от παρά подле и μορφή вид. Итак, параморфными телами мы называем такие, у которых измерение кристаллических углов и осей очень близко, хотя системы разные. Впрочем могут быть и такие случаи, где тела принадлежат к одной системе, но не могут считаться изоморфными, хотя и имеют близкие формы. Такие тела можно отнести также к [212] параморфным. Заметим, что параморфизм очень важен для образования стройного, общего обзора всех изменений форм, для систематического познания их; параморфизм пополняет пробелы, остающиеся при изучении изоморфизма, и потому в соединении с последним приводит к важным сближениям, законам и наведениям. Впоследствии он может послужить началом естественной системы минералов.

Отношение между составом тел параморфных то же самое, какое мы видели для тел изоморфных.

§ 109. 1) Параморфизм веществ, имеющих совершенно одинаковый состав, известен под именем *диморфизма* и *триморфизма*. [1] Близость форм диморфных тел в первый раз была замечена Лораном (§ 90), но блестящее и полное развитие этой идее дал Пастер (Pasteur) в своей записке, читанной в заседании Французской Академии Наук 20 марта 1848 года (Ann. Chim. et Phys. 3 ser. XXIII, 267, Recherches sur le dimorphisme). Не считаю излишним изложить здесь в немногих словах сущность этих исследований.

Основная мысль Пастера есть та, что кристаллическая форма, определяясь составом, изменяется только весьма незначительно от других причин; [213] другими словами: формы тел, имеющих один и тот же состав, всегда очень близки между собою. Фактические данные для этого вывода так очевидны, что нельзя не удивляться тому, что они еще давно не вызвали сравнений. Возьмем для примера два диморфные видоизменения серы. Призмы ромбической серы довольно близки к квадратным призмам, именно их угол равен 100°58′. Угол моноклиноэдрической призмы серы равен 90°32′, следовательно, эти призмы еще ближе к квадратным. Тупой угол основания моноклиноэдрической пирамиды серы также близок к тупому углу основания ромбических пирамид того же металлоида. Именно в первом видоизменении он =94°6′, во втором 101°58′. Углы между соответствующими комбинационными площадями еще ближе. По измерению Митчерлиха, те углы, которые равны у моноклиноэдрической серы 127°58′ и 135°9′,

[1] Названия Лорана изодиморфизм и изотриморфизм совершенно излишни и притом уже употреблены были прежде в другом значении.

у ромбической равны 128°0′ и 134°56′. Подобное же отношение существует и между обеими формами углекислой извести. В самом деле, шестигранная призма известкового шпата весьма близка к комбинации ромбической призмы аррагонита с микропинакоидом (∞P∞ прямыми боковыми притупляющими площадями). Углы призмы первой формы равны 120°, второй 116°16′ и 121°52′. Если мы вычислим угол ромбоэдра по углам пирамиды аррагонита, то получим величину, весьма близкую к действительно[214]сти, именно 105°4′. Пойдем далее. Ромбоэдр железного блеска имеет угол в 86—87°, а та же железная окись получается в форме кубов или ромбоэдров в 90° (Пастер). Полусернистая медь (CuS) кристаллизуется или в виде призм, которые, как и изоморфный с ним серебряный блеск, не знают, отнести ли к ромбической (английские и немецкие кристаллографы) или к гексагональной (французские кристаллографы) системе, или та же полусернистая медь получается искусственно в правильной системе. Если по первой форме мы вычислим соответствующий угол ромбоэдра, получим 92°50′, т. е. почти форму куба второго видоизменения того же тела. Обе формы иодистой ртути, сернокислого никкеля (§ 85), двухлористого нафталина (§ 87) и многих других диморфных тел стоят еще ближе друг к другу.

Принимая вышеприведенное сходство, мы невольно вспоминаем очень естественное предположение Аюи, что каждому телу свойственна только одна форма. Говоря вообще, действительно, между видами диморфных тел есть во всех свойствах, в составе, в удельных объемах, наконец, и в формах большое сходство, но также во всем этом есть некоторое различие. Различие в некоторых химических свойствах диморфных тел побуждает согласиться с Т. Гремом (Th. Graham, Elements of Chemistry и Pogg. Ann. XLVIII—344) в том, что ни [215] одно изменение в формах и химическом составе не может произойти без изменения в свойствах. Здесь не место оправдывать это положение; заметим только, что даже объемы паров диморфных тел по всей вероятности различаются друг от друга. Впрочем различие и изменение, происходящее в том случае, так незначительно, что, определивши во внешности разность форм, изменило внутреннее химическое строение и другие свойства весьма немного. Различие по преимуществу выразилось во вне, мало изменив внутренность.

Незначительность перемены свойств определила незначительность изменения и в форме. И обыкновенно: чем более изменились свойства, тем более изменилась и форма. Потому-то, чем дальше отстоят друг от друга формы диморфов, тем более отличаются и их свойства; для примера укажем на два изменения двусернистого железа (железный колчедан и марказит).

Теоретическое уяснение тотчас после этого было высказано Пастером, как бы для умственного успокоения, для убаюкивания сил, растревоженных новостью. Сходство и различие, замечаемое в диморфных телах, зависит от различного положения, от видоизменения равновесия атомов. Оба равновесия определили две формы, но различие положения частиц при обоих моментах равновесия так незначи-

тельно, что сущность формы и главные свойства [216] остались почти те же, хотя и изменилась система. Изменилась система, сохранился тип. Оба равновесия подчинены при этом совершенно одинаковому закону, от чего и произошло сходство, от чего сохранился тип. Соседство форм, близость равновесий дозволяют взаимный переход при известных обстоятельствах и притом одно равновесие постояннее другого. От того-то мы замечаем быстрый переход моноклиноэдрической серы в ромбическую, ибо последняя форма постояннее первой при обыкновенной температуре. Подобно этому должно заметить о ромбической форме иодистой ртути, о ромбоэдрической форме кубической селитры, о форме марказита и друг., ибо все они непостояннее своих диморфов. Анатаз при накаливании переходит сперва в брукит, потом в рутил.

§ 110. Еще более и строже развита идея о равновесии атомов диморфных тел у Шерера (Berzelius Jahresbericht XXIII, 8). Рассматривая отношение удельного веса таких тел, Шерер пришел к тому заключению, что диморфные видоизменения тел происходят от разного положения атомов, и что все известные явления диморфизма можно отнести к четырем различным группировкам атомов, принимая их однообразие и правильную форму. Четыре положения обусловливаются количеством атомов, окружающих каждый отдельно взятый атом. В первом положении каждый атом окружен 6 [217] атомами, во втором 8, в третьем 10 и в четвертом 12. При таком различии положений объемы одинакового веса будут иметь отношение:

$$1 : \frac{1}{2}\sqrt{3} : \frac{3}{4} : \frac{2}{3}\sqrt{2}$$ [1]

что дает для удельных весов отношение:

1,00:1,55:1,33:1,42

Действительно, прилагая эти выводы к удельным весам алмаза и графита, анатаза и рутила, известкового шпата и аррагонита, *серного колчедана и марказита*, *граната* и идокраза, церина, алланита и гадолинита, мы видим, что между ними существует такое же отношение, как между одинаково-составленными телами с атомами, расположенными в одном из вышеприведенных видов группировки. Так алланит из Иотунфьельда (Iothunfjeld) относится к алланиту из Снарум, как десятиатомное расположение к двенадцатиатомному. При накаливании, даже просто после продолжительного лежания, одно видоизменение, одно равновесие переходит в другое.

Эти теоретические заметки Пастера и Шерера доказывают возможность перехода от явлений, повидимому, незначительных к самым общим за[218]ключениям, от которых невозможно воздержаться, хотя утвердительного сказать можно очень немного, если не ничего.

[1] Это вычисляется очень просто — уподобляя атомы шарам и находя отношение объемов куч, в какие уложатся все шары при различных положениях.

§ 111. Прилагаем табличку наиболее известных диморфных тел:

	В какой системе	Как получен
Сера S	Ромбической	В природе и из раствора в CS^2
	Моноклиноэдр.	Сплавленная и охлажденная при 111° Ц
Углерод Ċ	Правильной	Алмаз
	Гексагональн.	Графит
Закись меди $\dot{C}u$	Правильной	Красная медная руда
	Гексагональн.	Медные цветы (по Suckou)
Полусернистая $\dot{C}uS$ медь	Гексагональн.	Медный блеск
	Правильной	Чрез сплавление
Сернистое серебро AgS	Правильной	Серебряный блеск
	Гексагональн.	В Рудельштаде (по Sander)
Двусернистое железо FeS^2	Правильной	Серный колчедан
	Ромбической	Марказит (Speerkies)
Иодистая ртуть HgJ	Квадратной	Из раствора в $\dot{K}J$; красного цвета
	Ромбической	Чрез нагревание предыдущего; желтого цвета
[219] Хлористая ртуть $\dot{H}gCl$	Ромбической	Из раствора в алкоголе
	Ромбической	Чрез перегонку (сулема) (Marephy)
Мышьяковистая кислота $\dddot{A}s$	Правильной	Как минерал и при перегонке
	Ромбической	Стекловидная (Розе и Велер)
Окись сурьмы $\dddot{S}b$	Правильной	Чрез перегонку
	Ромбической	Как минерал
$\dot{C}a\ddot{C}$	Гексагональн.	Известковый шпат
	Ромбической	Аррагонит
$\dot{M}g\ddot{C}$	Гексагональн.	Горькоземистый шпат
	Ромбической	Из раствора в воде с Ċ
$\dot{F}e\ddot{C}$	Гексагональн.	Железный шпат
	Ромбической	Юнкерит (Дюфренуа)
$\dot{K}\ddot{N}$	Гексагональн.	Чрез выпаривание в малых количествах
	Ромбической	Обыкновенная форма

$\dot{K}\ddot{\ddot{S}}$	Ромбической	Обыкновенно
	Гексагональн.	Митчерлих (bei Raffination des Kelps)
$\dot{K}\ddot{S}^2 + \dot{H}$	Ромбической	Чрез выпаривание
	Моноклиноэдр.	Чрез сплавление
$\dot{P}b\ddot{C}r$	Моноклиноэдр.	Красная свинцовая руда
	Ромбическ. или квадратной	По Джонсону из Банната
[220] $\dot{N}i\ddot{S} + 7\dot{H}$	Ромбической	Чрез выпаривание при обыкновенной температуре
и $\dot{Z}n\ddot{S}e + 7\dot{H}$	Квадратной	Чрез кристаллизацию из нагретого раствора
$\ddot{T}i$	Квадратной	Анатаз } Триморфизм
	Ромбической	Брукит } Триморфизм
	Квадратной	Рутил } Триморфизм
$\ddot{S}n$	Квадратной	Оловянный камень
	Ромбической	Через прокаливание паров Sn^2Cl^2 и $\dot{H}$.

В настоящее время число диморфных тел весьма увеличилось. Замечательны те примеры, в которых тела, сходные по химическому строению, имеют оба диморфа сходными по форме или изоморфными. Например, $\ddot{A}s$ и $\ddot{S}b$, $\dot{C}u$, CuS и AgS, $\dot{C}a\ddot{C}$, $\dot{M}g\ddot{C}$, $\dot{F}e\ddot{C}$ и $\dot{K}\ddot{N}$, $\ddot{T}i$ и $\ddot{S}n$. Такие тела называются *изоморфными*. Если мы станем рассматривать тела сходные не по элементарному составу, но по рациональному, т. е. если сравним ряд одинаково составленных изоморфов, то увидим еще чаще явление диморфизма. Так, тела по формуле $\dot{R}\ddot{C}$ бывают весьма различных систем. Мы уже видели несколько примеров диморфизма полимерных и гомеоморфных тел (полевошпатовые и скаполитовые, эвклаз и турмалин, известковый шпат и баритокальцит), это есть изодиморфизм в большом размере. Дана приводит еще один ряд изотриморфов, образован[221]ных сернокислыми и углекислыми солями Ca, Ba, Sr и Pb, по формулам $\dot{R}\ddot{S}$ и $\dot{R}\ddot{C}$. [1]

[1] American Journ. (2) 1854. XVII, 211.

Гексагональной системы	Ромбической	Моноклиноэдрической
Известк. шпат $\dot{C}a\ddot{C}R = 105°\,5'$	Арагонит $\dot{C}a\ddot{C} \infty P = 116°\,10'$	Баритокальцит $\overset{\cdot}{\overline{BaCa}}\,\ddot{C}$ $\infty P = 95°\,8'$
	Англезит $\dot{P}b\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 103°\,43'$	
Дреслит $\overset{\cdot}{\overline{BaCa}}\ddot{\ddot{S}}$ $R = 94°$	Ангидрит $\dot{C}a\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 102°\,56'$	Глауберит $\overset{\cdot}{\overline{CaNa}}\,\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 83°$
	Тяжелый шп. $\dot{B}a\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 101°\,42'$	
Сузаннит $3\dot{P}b\ddot{C} + \dot{P}b\ddot{\ddot{S}}$ $R = 94°$	Белая свинц. р. $\dot{P}b\ddot{C} \infty P = 117°\,14'$ Леадгиллит $3\dot{P}b\ddot{C} + \dot{P}b\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 103°\,16'$	Ланаркит $\dot{P}b\ddot{C} + \dot{P}b\ddot{\ddot{S}}$ $\infty P = 85°\,48'$

§ 112. 2) Несомненно существование *изоморфных* параморфов, подобно тому, как существуют изомерные изоморфы, но до сих пор кристаллическая форма изомерных соединений весьма мало известна. Впрочем, со временем может быть многие диморфные соединения будут отнесены к изомерным. Должно не забыть и то, что все известные случаи изомероморфизма суть только частные [222] случаи химического изоморфизма, потому что наши изомероморфы (§ 101) имеют одинаковое число атомов, одинаковым образом расположенных, и мы еще вовсе не знаем, как относятся формы мета- и полимерных тел (примечание к 13 параграфу).

§ 113. 3) Важнее других случаев параморфизм сходственных соединений, иначе *параморфизм* в тесном смысле. Такой параморфизм определяет известную группу — тип соединений и ей соответствующий кристаллический тип. Мы знаем уже несколько таких типов: тип углекислых солей, изоморфных углекислой извести, заключает в себе: $\dot{M}n\ddot{C}$, $\dot{F}e\ddot{C}$, $\dot{M}g\ddot{C}$, $\dot{C}a\ddot{C}$, $\dot{B}a\ddot{C}$, $\dot{S}r\ddot{C}$, $\dot{P}b\ddot{C}$, не считая их промежуточных соединений. Здесь химический тип есть углекислая окись изоморфа кальция ($\dot{R}\ddot{C}$); кристаллический тип есть ромбически гексагонально-ромбоэдрическая призма. Обе селитры, сернокисло-углекислые соли, мышьяковая и сурьмяная кислоты, натролит, сколецит, мезолит и вообще все мезотипы (стр. 109) и многие другие составляют известные уже нам случаи параморфизма сходственно составленных соединений.

Еще важнее для нас параморфизм всех окислов. Ему посвящает Лоран отдельную статью своей книги, где старается доказать единство *общего типа, тяготеющего над всеми окислами формул* $\dot{R}$, $\dddot{R}$ *и* $\dot{R}$. Действительно, сравнивая формы этих тел, мы находим, что они стоят в одном не[223]прерывном ряду, включенном в трех или в четырех

более простых системах. К этому же типу относятся и все сернистые соединения, образованные соответственно окислам. Все эти соединения, относясь к одному огромному кристаллическому типу, имеют совершенно сходственный состав, принимая взгляд Лорана. Именно:

$$R^2O \text{ и}$$
$$R^2S$$

Т. е. составляют химический тип сернокислородных окислов. Перечислим некоторые из них:

1.	Mg^2O [1]	$\dot{M}g$ [2]	Периклаз
2.	$\overset{\smile}{Al}^{\frac{3}{2}}H^{\frac{1}{2}}O$	$\dddot{A}l\dot{H}$	Диаспор
3.	$MgHO$	$\dot{M}g\dot{H}$	Брусит
4.	$\overset{\smile}{Al}^2O$	$\dddot{A}l$	Корунд
5.	Pb^2O	$\dot{P}b$	Тяжелая свинцовая руда
6.	Cu^2O	$\dot{C}u$	Тенорит
7.	Ni^2O	$\dot{N}i$	Искусственно
8.	$\overline{Cu}^2O$	$\dot{C}u$	Красная медная руда
9.	$\overset{\smile}{Fe}^2O$	$\dddot{F}e$	Железный блеск
10.	$\overset{\smile}{Cr}^2O$	$\dddot{C}r$	Искусственно
11.	$\overset{\smile}{Mn}^2O$	$\dddot{M}n$	Браунит
12.	$\overset{\smile}{Al}^{\frac{3}{2}}Mg^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{M}g\dddot{A}l$	Спинель
13.	$\overset{\smile}{Al}^{\frac{1}{2}}Zn^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{Z}n\dddot{A}l$	Гагнит
[224] 14.	$\overset{\smile}{Fe}^{\frac{3}{2}}Fe^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{F}e\dddot{F}e$	Магнитный железняк
15.	$\overset{\smile}{R}^{\frac{5}{2}}R^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{R}\dddot{R}$	Хромистое железо
16.	$(\overset{\smile}{Fe}\ddot{T}i)^2O$ [3]	$x\ddot{T}i + y\dddot{F}e$	Титанистое железо
17.	$Be^{\frac{1}{2}}\overset{\smile}{Al}^{\frac{3}{2}}O$	$\dot{B}e\dddot{A}l$	Хризоберилл
18.	$Ca^{\frac{2}{3}}Ti^{\frac{4}{5}}O$	$\dot{C}a\ddot{T}i$	Перовскит
19.	H^2O	$\dot{H}$	Лед
20.	$\overset{\smile}{Fe}^{\frac{3}{2}}H^{\frac{1}{2}}O$	$\dddot{F}e\dot{H}$	Тотит

[1] По обозначению Лорана.
[2] По обыкновенному обозначению.
[3] Т. м, где R поставлено в скобки, происходит беспрерывное замещение.

21.	$\overset{\circlearrowleft}{Mn}^{\frac{8}{2}}H^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{\dot{M}}n\dot{H}$	Манганит
22.	$\overset{\circlearrowleft}{Mn}^{\frac{3}{2}}Mn^{\frac{1}{2}}O$	$\dot{M}n\dot{\dot{M}}n$	Гаусманит
23.	$R^{\frac{2}{7}}R^{\frac{12}{7}}O$	$\dot{R}\dot{\dot{R}}_2$	Франклинит
24.	Cu^2S	CuS	Cupferindig
25.	Mn^2S	MnS	Марганцовая обманка
26.	Pb^2S	PbS	Свинцовый блеск
27.	Zn^2S	ZnS	Цинковая обманка
28.	Ag^2S	AgS	Серебряный блеск
29.	Cd^2S	CdS	Гренокит
30.	Hg^2S	HgS	Киноварь
31.	$Cu^{\frac{2}{3}}Fe^{\frac{4}{3}}S$	CuS + 2FeS	Кубан
32.	$\bar{C}u^2S$	CuS	Медный блеск
33.	Co^2S	CoS + CoS^2	Кобальт. колчедан
34.	Bi^2S	BiS^3	Висмутовый блеск
35.	FeCuS	CuS + FeS	Медный колчедан
36.	AgCuS	CuS + AgS	Серебряно-мед. блеск
37.	CuPbS	CuS + 2PbS	Купроплумбит
38.	Ni^2S	NiS	Haarkies
39.	$Ni^{\frac{2}{3}}Fe^{\frac{4}{3}}O$	2FeS + NiS	Желез. ник. колчедан
[225] 40.	$Pb^{\frac{2}{3}}Sb^{\frac{4}{9}}S$ [1]	3PbS + $2SbS^3$	Иемезонит
41.	Sb^2S	SbS^3	Сурьмяной блеск

Правильной системы: 1, 7, 25, 26, 27, 28, 8, 33, 12, 13, 14, 15, 18, 23, 31, 37, 39.
Квадратной системы: 11, 22, 35.
Ромбической системы: 34, 32, 41, 46, 40, 2, 17, 20, 21.
Гексагональной системы: 19, 5, 6, 24, 29, 3.
Ромбоэдрической системы: 4, 9, 10, 16, 30, 38.

---

[1] Заметим, что плагонит $\overset{\circlearrowleft}{Sb}^{\frac{18}{13}}Pb^{\frac{8}{13}}S = 4PbS + 3SbS^3$ моноклиноэдрической системы, впр чем можно Sb и ее соединения исключить из этого ряда, как и делает Лоран.

К тому же типу должно отнести и многие другие соединения. Здесь я соединил только простые окислы, но многие мышьяковые и сурьмяные ($\dot{\ddot{S}}b$ блеклая руда и многие др.), висмутовые и другие соединения могли бы войти в этот же отдел.

Некоторые из форм этих окислов соединяют отдельные системы, в каких проявляется химический тип окислов. Так браунит, гаусманит и медный колчедан соединяют формы квадратной системы с формами правильной; корунд, железный [226] блеск и др. окислы гексагональной и ромбоэдрической системы с окислами правильной и т. д.

Подобный же тип составляют металлы и вероятно соли группируются в нескольких немногих типах.

Многие из параморфных соединений, как известно нам, химически заменяют друг друга; а химический изоморфизм всех окислов Лоран доказывает беспредельностью, с какой все виды их могут замещать друг друга (§ 75). В этом большом кристаллически-химическом типе конечно многое остается изучить, многие формы определить точнее, но как бы то ни было, такой большой пример очень поразителен и мы не останавливаемся на нем еще далее только потому, что боимся пока вдаваться в малоисследованную область, тем более, что недостаточное изучение удельных объемов не позволяет сделать более общих заключений.

§ 114. 4) *Полимерный* параморфизм относится к полимерному изоморфизму, как параморфизм к изоморфизму. К одному типу должно отнести: $\dot{C}a\ddot{C}$ и $\dot{K}a\ddot{N}$, аррагонит и селитру, красную серебряную руду и бурнонит и другие соединения, число которых при изучении полимерии вероятно значительно расширится. Уже Шерер показал, что многие алюминато-силикаты (§ 61) имеют сходственную форму или ромбических или гексагональных призм, т. е. образуют один кристаллический тип.

[227] § 115. 5). Не трудно сблизить кристаллические формы многих тел, совершенно различных по составу. Для примера укажем на калистую селитру и апатит, корунд и железный колчедан.

Отношение удельных объемов параморфных тел почти совершенно нам не известно. Впрочем, мы знаем, что все диморфные тела имеют близкие объемы в своих обеих формах (§ 30), а Жерар нашел некоторое единство в величине объемов тел, образованных по формулам R^2O и R^2S.

§ 116. VI). Весьма многие тела имеют некоторое соотношение в составе, но в форме их не нашли никакого отношения. Укажем для примера хотя на соли, имеющие одно и то же основание. Подобного рода отношения — *гемиморфизмом* — хотя отчасти, но уясняются.

Лоран весьма справедливо замечает, что кроме полного согласия форм, кроме изоморфизма и параморфизма, существует между многими телами частное, не столь общее сближение форм, что многие роды тел, различаясь по форме, во всех отношениях постоянно сходствуют по величине некоторых углов. Такого рода отношение Лоран назвал гемиморфизмом. Удерживая это название, не станем забывать впрочем,

что оно было прежде употребляемо в ином значении (§ 92). Итак, гемиморфизм есть неполное сходство (от ἥμι половина и μορφή форма) форм. Это отношение вместе с па[228]раморфизмом входит в ряд явлений, получивших от Коппа название анизоморфизма (§ 36).

Конечно, найдется очень много тел, имеющих некоторое сходство в углах, но подобные сближения, без отношения к составу, вовсе неинтересны, тогда как сближения, сделанные одновременно в составе и формах, очевидно весьма важны и интересны. Важность и многозначительность подобных изысканий видна из того, что, зная постоянство известных частей кристалла, при постоянстве известных составных начал, мы смело можем заключить, что наблюденные части формы зависят от сходственных частей состава. Таким образом, со временем можно будет усмотреть давно желаемое соотношение состава и формы более подробно, в более упрощенном, раздробленном виде. Малочисленность наблюдений привела еще к немногим выводам, но должно многого ожидать от подобного ряда исследований. Самое атомное строение и образование кристаллов может заимствовать многое от изучения гемиморфизма. Лоран делает по этому поводу прекрасное сравнение. «On pourrait comparer l'arrangement atomique des combinaisons hémimorphes aux cathédrales gotiques. Les unes sont ornées de deux tours, les autres n'en ont qu'une; quelques unes sont surmontées de flèches avec ou sans galeries latérales; mais le plan fondamental de l'édifice est toujours le même, c'est la croix grecque» (Laurent. Méthode de Chimie, p. 176).

[229] § 117. 1) Гемиморфизм абсолютно *одинаково составленных тел* есть вид диморфизма, когда одно тело является в двух формах, удаленных друг от друга настолько, что сходственными остались лишь некоторые углы. Принимая взгляд Пастера, можно отвергать существование таких диморфов, или должно ожидать при столь значительном различии форм и значительного различия свойств. Если существует подобный гемиморфизм, то к нему, кажется, должно отнести обе формы гликоколя (клеевой сахар) и некоторых его солей (Никклес).

2) Столь же мало наблюден гемиморфизм *изомерных* соединений, но существование его можно предполагать скорее, чем существование предыдущего явления.

3) Пример гемиморфных тел, составленных *сходственным образом*, мы видим в двух продуктах обработки нафталина хлором и бромом. Двухлористый нафталин (bichlorure de naphtaline) $C^{20}H^8Cl^4$ и двухлористый хлоро-двубромо-нафталин (bichlorure de naphtaline bibromochlorée) $C^{20}H^5Br^2Cl$, Cl^4 или $C^{20}\left\{\begin{matrix}H^5\\Br^2\\Cl\end{matrix}\right\}Cl^4$ * принадлежит к триклиноэдрической системе. Передний угол призмы для первого соединения равен 109°, для второго 110°. Сходство очень значительное для одного угла, тогда как во всех прочих существует большая разность, напр., [230] угол основания пирамиды двухлори-

[* C = 6. *Прим. ред.*].

стого нафталина 108°30′, а у его гемиморфа 102°; другие углы разнятся еще более.

Вероятно многие из параморфных, сходственно составленных соединений должны быть отнесены к этому отделу, пр. ряд солей винно-каменной кислоты (§ 86) и др.

§ 118. 4) Более всего проявляется гемиморфизм в отделе *полимерных* соединений, т. е. составленных из неодинакового числа паев (атомов), но исполняющих одну и ту же роль.

Исследования Никклес показали, что соли с одним и тем же органическим основанием гемиморфны. Для примера покажем, что сернокислый гликоколь имеет призму в 125°10′, а азотнокислая соль того же основания является призмами в 126°15′. Равносистемные призмы щавелево- и хлористо-водородно-кислого гликоколя имеют тупой угол, совершенно равный 113° Для сравнения привожу измерения этих солей, измерения, произведенные Никклес. [1]

a) Хлористоводородный гликоколь ($C^4H^5NO^4HCl$) ромбической системы; $a:b:c=1{,}79295:1{,}557:1$; ∞P—85°, $\infty P:\infty P\infty=132°$; $\infty P:\infty P2=162°$, $\infty P2:\infty P\infty=113°$, $\overline{P}\infty 118°40'$, $\overline{P}\infty:\infty P\infty=120°5'$, $\overline{P}\infty:\infty P2=110°$.

[231] b) Азотнокислый гликоколь ($C^4H^5NO^4NO^5+HO$) ромбической системы; $a:b:c=3{,}4122:2{,}9687:1$; $\infty P:\infty\overline{P}\infty=126°15'$, $\overline{P}\infty:\infty\overline{P}\infty=106°20'$, $\breve{P}\infty=142°30'$, $\infty\overline{P}\infty:\infty\breve{P}\infty=90°$, $\infty\breve{P}\infty:\infty P=146°15'$.

c) Сернокислый гликоколь ($C^4H^5NO^4SO^3$) ромбической системы; $a:b:c=0{,}4244:0{,}3707:1$; $\infty P:\infty\overline{P}\infty=125°10'$; $\infty P:\infty\breve{P}\infty=145°$; $\infty\overline{P}\infty:\infty\breve{P}\infty=90°$, $\infty P:\overline{P}\infty 119°4'$, $\overline{P}\infty:\infty\overline{P}\infty=113,°$ $\overline{P}\infty=138°20'$.

d) Щавелевокислый гликоколь ($C^4H^5NO^4C^2O^3$) принадлежит также к ромбической системе; $a:b:c=3{,}0715:2{,}792:1$; $\infty P:\infty\overline{P}\infty=132°$, $\infty\overline{P}\infty:\infty P2=162°$, $\infty\overline{P}\infty:\infty P2=113°40'$, $\overline{P}\infty:\infty\overline{P}\infty=108°$, $\overline{P}\infty:\infty P=101°55'$, $\overline{P}\infty=152°10'$.

Эти четыре соли вовсе не изоморфны, что можно видеть из отношения их осей, но многие углы их очень близки, особенно для серно- и азотнокислых солей.

Тупой угол призмы щавелевокислого метильамина равен 131°20′, а хлористоводородная соль того же основания, весьма различная от предыдущей во всех частях своей формы, обладает углом призмы, очень близким; он равен у нее 132°.

Никклес также показал, что все соли гомологических кислот (жирных, § 103) гемиморфны, несмотря на различие в содержании воды. Для примера укажем на некоторые формы. Безводный и [232] водный муравьинокислый барит, уксуснокислый барит, уксуснокислая окись свинца и пропионовокислый барит имеют угол призмы от 80° до 82°, тогда как величина других углов весьма различна. Паратунгстеновый

[1] Nicklès. Compt. Rendus des trav. de Chimie 1849, 256; Traité de Ch. organique C. Gerhardt, I. 219.

натр * $[W^4O^{14}Na^{\frac{10}{3}}H^{\frac{2}{3}} + 8Aq$, Laurent, Ann. Ch. et. Ph. (3) XXI, 61] и двойная соль натра и кали ($W^4O^{14}KNa^2H+9Aq$) по наблюдению Лорана представляют замечательный пример гемиморфизма. Общий вид кристаллов обеих солей (они принадлежат к триклиноэдрической системе) очень сходен, но мера большей части углов совершенно различная; однако обе формы имеют две соответствующие комбинационные площадки, весьма сходственные по измерениям своих углов, даже у обеих солей по этой площадке струятся полоски.

Нафталин и его продукты, о которых мы уже упоминали несколько раз, потому что формы этих соединений лучше исследованы, представляют еще иной пример гемиморфизма. Нафталин дает при действии хлора и брома два рода тел: одни содержат столько же паев, сколько их в нафталине, другие более. Вот часть из этих рядов:

$$\left\{\begin{array}{l} C^{10}H^8 \text{ (изображая, по соображению Лорана)} \\ C^{10}H^7Cl \\ C^{10}H^6BrCl \\ C^{10}H^5BrCl^2 \end{array}\right.$$

[233]
$$\left\{\begin{array}{l} C^{10}H^8Cl^4 \\ C^{10}H^7Cl, Cl^4 \\ C^{10}H^5Br^3, Cl^4 \\ C^{10}H^5Br^2Cl, Cl^4 \end{array}\right.$$

Соединения первого рода кристаллизуются в триклиноэдрических призмах, близких к квадратным. Тупой угол их призм различествует от 100° до 103°. Соединения второго ряда представляют призмы моноклиноэдрической или триклиноэдрической системы с тупым углом, изменяющим свою величину от 108° до 111°. Все соединения того и другого ряда взаимно гемиморфны. Таким образом, например, $C^{10}H^5Cl^3$ имеет угол призмы 103°, а $C^{10}H^6Cl^2Cl^4$ — 110°, тогда как соответствующие другие два угла их очень близки: у первого 100° и 101° 30′, а у второго 102°.

Интересно проследить гемиморфизм солей неорганических оснований, но к сожалению наши сведения об этом предмете еще совершенно не затронуты, да и их исследование потребует многочисленных опытов и исследований, чтобы можно было достичь строгих выводов.

Должно думать, что гемиморфные тела этого отдела не согласуются в удельных объемах, впрочем опять мы должны и здесь отозваться неведением.

е) Много бы можно было подыскать примеров гемиморфизма *разносоставленных* соединений, но при [234] наших сведениях об этом предмете такое собрание не имело бы никакого значения.

---

* [Тунгстен—вольфрам. *Прим. ред.*].

§ 119. V. Абсолютное различие в формах (анизоморфизм), по нашему мнению, есть почти исключительная принадлежность абсолютно разносоставленных и полимерных тел. Несомненно отсутствие в этом отделе абсолютно-одинаково-составленных тел. Таким образом анизоморфизм:

1) Для тел *одинаковосоставленных* не существует.

2) Для тел *изомерных*

3) сходственно-составленных или *химически-изоморфных* — сомнителен.

4) Зато в области *полимерных* и

5) *абсолютно-разносоставленных тел* анизоморфизму большое раздолье. В этом последнем отделе являются анизотомы.

§ 120. Под конец пожелаю изоморфизму или ясно разделить или слить химическую свою сторону с физической, определить отношение к замещению (металепсии) и тогда приносить плоды, справедливо обещанные Берцелиусом.

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Часть III

СПБ 1856

Кн. VII, стр. 1—104 и кн. VIII и IX, стр. 169—383

Горный журнал, СПБ 1856.
Книга VII, стр. 1--104

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ[1]

I. Понятие об удельном объеме. Теория Жерара

[1] § 1. С тех пор, как исследования Венцеля (1777), Рихтера (1796), Прута (1798—1809), Дальтона (1807) и Берцелиуса (1813) строго определили весовое отношение химически соединяющихся веществ, стали появляться попытки найти отношение и в их объемах. Объемы тел (v и v′) относятся между собою, как частные из абсолютного веса (B и B′) тел на их плотность или удельный вес (Δ и Δ').[2]

$$[2]\quad v : v' = \frac{B}{\Delta} : \frac{B'}{\Delta'}.$$

А для тел химически соединяющихся:

$$B : B' = \Pi : \Pi',$$

где П и П′ означают пай тел, входящих в соединение. Из обоих уравнений следует:

$$v : v' = \frac{\Pi}{\Delta} : \frac{\Pi'}{\Delta'} \qquad (A)$$

Поэтому, зная пай тела в соединении и удельный вес того же тела, мы можем знать объем, в каком тела соединяются между собою. Частное $\frac{\Pi}{\Delta}$ мы называем, по предложению Коппа,[3] удельным объемом (specifisches Volum). *Удельный объем показывает отношение объемов химически соединяющихся тел*, подобно тому, как пай показывает их весовое отношение. Обозначим, и удержим это обозначение впоследствии, через V удельный объем, через П химический вес тела (пай, эквивалент или вес частицы) и через Δ удельный вес тела, тогда

$$V = \frac{\Pi}{\Delta}. \qquad (B)$$

---

[1] Статья Старшего Учителя Одесской Гимназии Д. Менделеева.

[2] Объем (v) тела равен весу (B) его, деленному на произведение его плотности (Δ) на вес единицы (e) кубической меры воды. $v = \frac{B}{\Delta e}$. Точно так же $v' = \frac{B}{\Delta e}$. Откуда $v : v' = \frac{B}{\Delta} : \frac{B'}{\Delta'}$.

[3] Копп в первый раз употребил это название в своей диссертации (1838), как сам говорит о том. То же название употреблял он: Pogg. Ann. 1839, XLVII—133; 1842, LVI—371 и в своих новейших сочинениях.

§ 2. Кроме эмпирического значения, удельный объем, подобно химическому весу, имеет и другие, [3] между которыми самое важное есть значение объема частицы или атома. Действительно, если вес пая (или его кратное) примем за вес частицы или атома, удельный объем покажет их относительный объем и должен быть назван *объемом атома* (Atom-volum), как предложил Дюма,[1] или *частичным объемом* (Molecular-volum), как предложил Берцелиус [2] и ввел в употребление Шрёдер. [3] Не различая понятий о пае и эквиваленте, Шрёдер назвал также удельный объем — *эквивалент-объемом*. [4] Два последние названия не могут быть всегда употребляемы, потому что мы очень редко знаем вес *частицы* и *эквивалента*, но знаем только *пай*. Жерар [5] и Лоран [6] показали необходимость различать эти три понятия.

[4] § 3. *Пай* (nombre proportionnel) тела есть то весовое отношение, в каком это тело соединяется с другими телами. Пай простого тела есть постоянное отношение, в каком это тело соединяется со 100 част. кислорода. Для простых тел, образующих с кислородом несколько соединений, выбирают одно, и количество тела в этом соединении называют паем этого тела. Выбор такого соединения определяется отчасти сходством его (по свойствам) с известными уже нам соединениями других тел, отчасти удобством употребления и простотою образуемых формул, отчасти же произволом. Пай каждого простого тела в химических формулах обозначается одною большою буквою или двумя — большой и малой. В первой таблице мы привели паи, употребляемые Жераром, который делит берцелиусовы паи H, N, P и металлов пополам, оставляя прежние паи O, C, S и Se. Мы везде употребляем эти паи. Пай сложного тела приравнивают сумме паев простых тел, входящих в него. Величина веса пая сложного тела изменяется, смотря по взгляду принятой теории: так пай азотнокислого кали по теории Берцелиуса есть K^2O, N^2O^5, т. е. 1262, а по теории Жерара $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, т. е. 631.

§ 4. *Эквивалент* (équivalent) есть количество материи, необходимое для выполнения известной роли [5]. Роль углерода в органиче-

---

[1] Dumas et le Royer. Journal de physique, de chimie, d'hist. natur. et des arts par Rozier, 1828, T. XCII—409. Dumas. Traité de chimie appliquée aux arts. Graham-Otto. Lehrbuch der Chemie I Aufl. 1840, 1 — 254 и 317. Kopp. Lieb. Ann. XXXVI—1. Schröder. Pogg. Ann. LII—282.

[2] Berzelius. Jahresbericht XXXII—6.

[3] Schröder. Die Molecularvolum der chemisch. Verbindungen. Mannheim. 1843.

[4] Schröder. Pogg. Ann. 1840, L — 553. Graham-Otto. Lehrbuch der Chemie 2 Aufl. 1844, I — 554.

[5] Gerhardt. Introduction à l'étude de la chimie par le système unitaire, 1848, Paris. Здесь это выражение очень ясно. То же самое в Comptes Rend. de travaux de chimie par Gerhardt et Laurent, 1849, I; Journ. für prakt. Chemie, 1849. XLVI — 353. Sillim. American Journ. (2) IX—314.

[6] Laurent. Méthode de chimie, 1854, Paris. Compt. Rend. 1844, 1082; XXX — 673; XXIII — 267; XXVII — 143.

ских соединениях, по нашим понятиям, не может занимать ни одно простое тело и ни один радикал сложный, потому эквивалента углероду мы не можем знать. Паи иода, хлора, брома и синерода суть эквиваленты, потому что могут заменять друг друга во многих соединениях и занимают в них одну и тут же роль. Роль, занимаемую телом в соединении, мы очень часто можем узнать чрез двойное разложение, когда сходственные тела переменяют место. Паи водорода, калия, натрия, магния, свинца, меди суть эквиваленты в солях и кислотах, потому что чрез двойное соляное разложение калий заступает место водорода, магния и т. д. Железо имеет два эквивалента по водороду, потому что заменяет его в двух пропорциях. В закиси пай железа замещает пай водорода, например, сернокислая закись железа есть $\left.\begin{matrix}SO^2\\Fe^2\end{matrix}\right\}O^2$, а сернокислая окись водорода или серная кислота [1] $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$. Здесь эквивалент железа водороду весит 175. В окиси железа эквивалент железа водороду есть $\frac{2}{3}$ Fe = fe, и сернокислая окись железа есть $\left.\begin{matrix}SO^2\\fe^2\end{matrix}\right\}O^2$ или $\left.\begin{matrix}SO^2\\\frac{2}{3}Fe^2\end{matrix}\right\}O^2$, т. е. вес эквивалента железа равен 117. Таким образом эквивалент простого [6] тела есть величина изменчивая, во-первых, потому, какую роль играет тело, а во-вторых, потому, в какой степени соединения находится оно. Эквиваленты марганца водороду суть Mn и mn = $\frac{2}{3}$ Mn, а эквивалент хлору 2Mn, в хлорнокислых солях $\left.\begin{matrix}M\\ClO^3\end{matrix}\right\}O$ и в марганцовокислых солях $\left.\begin{matrix}M\\Mn^2O^3\end{matrix}\right\}O$. Когда мы говорим об эквиваленте, должны прибавлять—такому-то телу и в такой-то степени соединения, если их несколько. Если эквивалент не равен паю, как в солях окиси железа, то Жерар часто обозначает его малою буквою, или двумя малыми fe = $\frac{2}{3}$ Fe, mn = $\frac{2}{3}$ Mn в солях окиси, cu = 2Cu в солях закиси, $\frac{1}{2}$ Sn=sn в солях окиси, hg=Hg^2 в солях закиси и т. д. Мы удержим это обозначение, очень удобное для простоты и симметрии формул. Вводя в науку измененное понятие об эквиваленте (ибо пай и эквивалент прежде означали одно и то же), Жерар и Лоран значительно упростили все сведения о строении солей.[2] Прежде для солей окиси же[7]леза должно было призна-

[1] Кислота, по теории Жерара и Лорана, есть не что иное, как соль водорода, или соль, в которой металл замещен водородом.

[2] Gerhardt. Sur la basicité des acides. Revue scientifique et industrielle par d. Quesneville, 1851. Compt. Rend. de trav. de chimie (составлявший отдел этого Revue), 177. Здесь Жерар показал всю произвольность многих из наших формул. Он пишет «notre écriture chimique n'est pas le résultat de l'application rigoureuse d'un principe unique, c'est un mélange de formules basées soit sur les équivalents,

вать полимерное водоизменение каждой кислоты, чего нет в действительности, что особенно ясно для фосфорнокислых солей.[1] Двойственность эквивалента железа доказывается между прочим и тем, что исследования Лорана,[2] Жерара,[3] Дана[4] и Германа[5] показали изоморфизм многих соединений, где часть Fe, или вообще R, замещена fe, или вообще $\frac{2}{3}$ R, т. е. R^2O изоморфна $\frac{1}{3}$ (R^4O^3). Количество материи, разлагаемой известным током, или электрохимический эквивалент,[6] утверждает понятие о химическом эквиваленте, потому что ток равной силы выделяет из солей серебра и окиси меди Ag и Cu, а из солей закиси меди cu=2Cu. Открытый Жераром закон четных паев (§ 13) также утверждает понятие об изменчивом эквиваленте. Для сложных тел одинакового строения, например, для азотнокислых солей, эквивалентами должно назвать те [8] соединения, в которых эквиваленты простых или сложных тел замещают друг друга. $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, $\left.\begin{matrix}Pb\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, $\left.\begin{matrix}Ag\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\NO^2\end{matrix}\right\}O$—суть эквиваленты. Нет возможности сказать, каков эквивалент спирта и железа, серной кислоты и аммиака, кали и сахара, потому нет возможности знать эквивалент всех тел и нет причины называть удельные объемы—эквивалент-объемами. Это название имеет свой особенный частный смысл, в каком употребление его весьма полезно.

§ 5. *Химическою частицею* называют часть тела или группу атомов, неразделяемую большею частью химических и физических сил. Вес ее находят из эквивалента, пая, объема газа, теплоемкости, изоморфизма и других химико-физических признаков. Точные исследования показали, что согласить все эти определяющие вместе невозможно (§ 54), а потому понятие о химической частице есть понятие отчасти условное. Жерар принял вес тела в парообразном состоянии за основание всех сведений о частице. Это дало твердую опору органической химии и привело ко многим превосходным открытиям, потому что выбор Жерара пал на физическое свойство, довольно легко определяемое в настоящее время, согласующееся с эквивалентами, основностью, аналогиею и простотою—в наибольшей части случаев. [9] Жерар назвал частицею тела ту часть его, объем паров которой равен двум, если объем 100 частей кислорода примем за единицу

---

soit sur l'indivisibilité des atomes, soit sur l'isomorphisme, soit sur les volumes, soit sur les simples proportions» (p. 179). Система Жерара устранила этот важный недостаток введением новых понятий об эквиваленте и основности.

[1] $\left.\begin{matrix}PO\\Na^3\end{matrix}\right\}O^3$, $\left.\begin{matrix}PO\\Na^2H\end{matrix}\right\}O^3$, $\left.\begin{matrix}PO\\fe^2H\end{matrix}\right\}O^3$. Otto-Graham. Lehrbuch der Chemie. 1853, II—31.

[2] Laurent. Compt. Rend. Acad. XXVII—134. XXX — 673.

[3] Gerhardt. Sillim. Americ. Journ. (2) IV — 405.

[4] Dana. Sillim. Americ. Journ. (2) 1854. XVII—211.

[5] Hermann. Journ. f. prakt. Chemie, 1853. LVIII—502.

[6] Это открытие Фараде было изучено впоследствии. Becquerel. Pogg. Ann. 1845, LXV—461; Soret. L'Institut, 1855, № 1128; Buff. Archiv d. scienc. phys. et natur. Genève. 1855, 118; Almeida. ibid. 1855, XXIX—5.

(§ 27 и таблица 2). По этой теории эфир есть $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O = C^4H^{10}O$, спирт $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O = C^2H^6O$ (а не $C^4H^{12}O^2$, как принимали до него), хлор в свободном состоянии Cl^2, эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\} = C^4H^{10}$, аммиак NH^3 (а не N^2H^6) и т. д. Для тел, не переходящих в пары, основанием для знания химической частицы служит эквивалент или сходство этого тела с другими известными в виде паров. Последнее предположение опыт не утверждает, потому что многие тела являются в полимерном состоянии. Так, судя по эквиваленту, частица свободной серы должна быть S^2, потому что такое строение имеет кислород, но опыт дает другое—S^6. Это кажущееся несовершенство теории Жерара, напротив того, есть ее истинное достоинство, как это мы постараемся показать в статье об удельных объемах газа. Для нас важно то, что эквивалент, выведенный из знания состава, не всегда согласуется с частицами Жерара, потому нельзя заключать из знания состава и эквивалента о весе частицы не газообразных тел—оттого невозможно употребление названия — частичные объемы вместо названия — удельные объемы. Как для эквивалентных объемов упо[10]требляется вес эквивалента, для частичных объемов вес частицы, так для удельных объемов, в тесном смысле, употребляются паи. Но как вес пая в большей части случаев согласуется с весом эквивалента и частицы, то удельными объемами, в обширном смысле этого слова, должно назвать объемы частицы, эквивалента и наконец пая, если ни частица, ни эквивалент тела неизвестны. Удельный объем есть понятие собирательное, которое должно быть исключено из науки, когда мы узнаем вес частицы всех тел.

§ 6. Если названия «эквивалент-объем» и «частичный объем» не могут заменить название «удельный объем» при настоящем состоянии наших сведений, то название «объем атома» не должно быть никогда употребляемо в смысле удельных объемов. Прежде всего этому названию противоречит то понятие, какое мы имеем об атомном строении тел. Мы представляем, и должны представлять, атомы отдельно стоящими друг от друга или образующими группы и между ними пространство, отчасти выполненное эфиром или эфирными атомами. Потому удельный объем показывает объем не одного простого атома, но и эфирной оболочки, окружающей его. Притом наши химические сведения не могут дать понятия о неделимом атоме. Напротив—понятия об атоме сложного тела и о различном весе эквивалента одного и того же тела прямо приводят к понятию [11] о частице тела, состоящей из группы атомов. Заменять понятия о частице понятием об атоме мы не имеем права, потому и слова, означающие разные понятия, не должны заменять друг друга. Дюма, введший в науку название — объем атома, на своих увлекательных лекциях [1] доказывает,

[1] Dumas. Leçons sur la phylosophie chimique recueillies par Bineau. Paris, 1836, 235.

что химические сведения не дают понятия об истином атоме, потому что все три закона химических пропорций,[1] полимерность, изомерия и диморфизм, хотя не могут быть изъяснены по теории проникновения, зато совершенно уясняются определенными в весе частицами или группами атомов. Подобным образом Лоран [2] изъяснял изменчивость эквивалента. Существование сложных радикалов и полимерность прямо показывают, что сложная группа атомов может быть до некоторой степени неразрывною. Очень вероятно, что и однородные атомы в простом теле образуют группы атомов, подобно тому, как разнородные атомы составляют частицу [12] сложного тела. Делимость или сложность атома простых тел признавал Проут,[3] давший закон кратности паев простых тел с паем водорода, закон столь важный для химии по ряду работ, вызванных им. Делимость химического атома хлора, водорода и других признавал Берцелиус, полагая, что эти тела входят в соединение всегда двойным атомом H^2, Cl^2, J^2 и т. д. Либих, в своих письмах,[4] выражает мысль о вероятии того, что пай показывает вес группы атомов, а не одного атома. Грем,[5] в своей теории гальванического тока, признает атом всякого тела—простого и сложного — состоящим из двух частей. Итак руководители новой Химии— Берцелиус, Проут, Дюма, Либих, Грем, Лоран и Жерар признают делимость химического атома или, правильнее, химической частицы, и только люди, мало знакомые с делом, думающие видеть в химической частице неделимый атом, ставили и ставят в укор теории Лорана и Жерара, признанную ими, делимость неделимого. Все это произошло от того, что *слову* атом придали и понятие об атоме. Чтобы не ввести в подобное заблуждение, мы не станем употреблять слова «объем атома» [13], заменим его «частичным объемом» или «объемом химического атома». В последнем смысле и употреблял его Дюма.

§ 7. Итак, если удельный объем

$$V = \frac{П}{Д},$$

то П означает или вес частицы, если он известен, или вес эквивалента, или, наконец, если ни то, ни другое не известны, то вес пая. Так как вес эквивалента и частицы всегда находятся в простом отношении к весу пая, то и удельный объем пая очень легко служит к нахождению удельного объема частицы.[6]

§ 8. Удельные объемы не только приводят к познанию объема частицы, но также могут показать число частиц и их расстояние.

---

[1] Законы химических пропорций: закон постоянных отношений в количестве тел, составляющих данное сложное тело; закон кратного отношения между количествами тела, входящими в несколько соединений с одним и тем же телом, и закон одинаковости или кратности в количестве тела, соединяющегося с многими телами.

[2] Laurent. Comptes Rend. 1844—1089, 1849—287. Méthod. d. Chim. etc.

[3] Prout. Thoms. Ann. of Phylosophy. 1915, T. VI—321.

[4] Либих. Письма о Химии. Перевод, Москва, 1855, стр. 97 и 100.

[5] Graham-Otto. Lehrbuch d. Chemie, 1844, 1—229.

[6] Весьма часто удельные объемы газов называют просто объемами газов,

Число частиц или химических атомов (Atomzahl. L. Gmelin)[1] в равных объемах тел обратно пропорционально объему этих частиц. Если через Z и Z′ назовем число химических атомов в равных объемах, то

$$Z : Z' = V' : V$$

или

$$Z : Z' = \frac{\Pi'}{\Delta'} : \frac{\Pi}{\Delta}$$

или

$$[14]\ Z : Z' = \frac{\Delta}{\Pi} : \frac{\Delta'}{\Pi'}.$$

Откуда

$$Z = \frac{\Delta}{\Pi}$$

показывает число частиц в равных объемах, если $\frac{\Pi}{\Delta}$ показывает их объем.

Расстояние центров частиц (P), как показали уже Авогадро,[2] Карстен, Брунов[3] и Вертгейм,[4] равно кубическому корню из объема частиц.

$$P = \sqrt[3]{V}$$

или

$$P = \sqrt[3]{\frac{\Pi}{\Delta}} = \left(\frac{\Pi}{\Delta}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Итак удельные объемы ведут к познанию расстояния частиц, насколько пай ведет к познанию о их весе, что обещает богатую будущность и важное значение этим двум величинам, потому что несомненно время, предсказанное еще Ньютоном и Бюффоном, когда многие химические процессы подчинены будут законам механики, когда вес и [15] расстояние частиц, вступающих в химическое действие, будут важнейшими данными.

§ 9. Так как для определения числителя в дроби, выражающей величину удельного объема $\left(V = \frac{\Pi}{\Delta}\right)$, мы принимаем за руководство теорию Жерара, то остановимся несколько на главных положениях ее. Заметим прежде всего, что эта теория не есть что-либо совершенно новое,— она только совокупила и примирила все, что есть здравого и естественного в науке, отвергнув все произвольное. Так, прежде

---

[1] L. Gmelin. Handbuch d. Chemie. 4 Aufl. Heidelberg, 1843, 1—53. Dela Rive. Arch. d. scien. phys. et natur. XXV—105.

[2] Avogadro. 1824. Memorie dell' Acad. di Torino (I), T. XXX. Bullet. d. Sciences de Ferussac. 1828, Janv. Annales d. Chim. et Phys (3), 1845. XIV—330.

[3] G. Karsten und F. Brunnow. Ueber relative mittlere Atomabstände. Pogg. Ann. 1842. LVII—255.

[4] Wertheim. Pogg. Ann. Ergänzungsb. II—59.

всего, Жерар устранил понятие об определенной, всем соединениям свойственной, группировке атомов, как признавали дуалисты и электрохимики. Это заменил он изучением, доступного нам, сходства. «Classer—c'est formuler les analogies»[1] говорит он, начиная свою органическую химию, еще не оконченную, но уже сделавшую эпоху в науке. Продукты разложения, превращения и соединения, свойства и форма — вот что указывает на сходство или различие двух тел в химическом смысле, на природу их и на место в системе. Дуалисты, a priori, полагают, что все тела состоят из двух частей, всем дают до некоторой степени одинаковое строение. Бездна противоречий в их мнениях, особенно по поводу изъяснения строения [16] солей, показывает недостаток твердой опоры. Жерар признает, что в каждом теле атомы составляют группу, части которой, в сходственных соединениях, расположены сходственно. Формулы Жерара стараются выразить это сходство. Так как одно и то же тело может с одной стороны быть сходным с одним телом, а в другом отношении с другим телом, то и формула тела может изменяться, смотря по тому, какой признак и какой тип взят за основание формулы. Впрочем для большей части тел соединение, разложение и замещения указывают на один тип. Так, например, едкое кали, спирт и серная кислота по всем своим признакам принадлежат к одному типу—воды.

§ 10. Одним из оснований дуализма была электрохимическая теория, принесшая столько пользы изучению неорганической химии, но столь слабая в отношении к телам органическим, исследования которых внесли в науку все важнейшие законы, открытые после закона кратных пропорций. Остановимся несколько на этой теории.

Еще Лавуазье и Лаплас[2] наблюдали развитие электричества при растворении металлов в кислотах. Они объясняли происхождение электричества трением и образованием газа, сопровождавших [17] наблюденные ими явления. Риттер и Винтерль первые старались согласить химические явления с электрическими. Вслед за открытием вольтова столба Никольсон и Карлиль (1801) разложили воду посредством этого столба, а Берцелиус и Гизингер тем же прибором показали, что ток разлагает раствор некоторых средних солей на основание и кислоту. Эрштедт (1799), утверждая единство всех сил природы и видевши действие тока на магнитную стрелку, полагал, что нет особой химической силы, что это есть только видоизменение электрической силы. Деви[3] многими опытами доказал, что всякое химическое соединение сопровождается образованием электричества и может быть разрушено тем же деятелем,—что послужило к открытию калия и чем утвердилась идея о сродстве электричества и хими-

---

[1] Charles Gerhardt. (Suite à la Chimie de Berzelius) Traité de chimie organique. Paris. 1853, I—122.

[2] Начало этой истории заимствовано из Thénard: Traité de Chimie. 1824. V—328. Dumas. Leçons sur la phylosophie chimique 1831 и Berzelius. Lehrbuch V.

[3] Davy. Ann. de Chimie et Phys. LXII—230. Elements of chemical philosophy by H. Davy. 1812.

ческих сил. Сам Деви думал, что электричество происходит только вследствие приближения разнородных тел, постепенно увеличивается и наконец напряжение разнородных электричеств преодолевает взаимное притяжение частиц каждого тела и их атомы соединяются. При соединении противоположных электричеств обоих тел происходит отделение теплоты и света, замечаемые нами при химических соединениях. Эта великолепная теория не могла удержаться потому, [18] что не изъясняла причины, удерживающей разнородные атомы после соединения, и предполагала образование электричества прежде начала соединения. Ампер [1] в письме к Ван Беку признает электричество как силу, удерживающую разнородные атомы во взаимной связи. Он говорит, что каждый атом простого тела имеет внутри себя постоянное и свойственное ему электричество, а с поверхности одет атмосферою противоположного электричества. При химическом соединении нейтрализация противоположных электричеств атмосфер дает начало теплоте и свету, а взаимное притяжение разнородных внутренних электричеств удерживает разнородные атомы после соединения их. И эта теория не могла выдержать самой поверхностной критики, потому что не изъяснила возможности соединения двух электроотрицательных тел, например серы и хлора с кислородом и между собою. Берцелиус в своем знаменитом: Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité, 1819 г. и в своих учебниках Химии приписывал атомам изменчивое полярное электричество, степень и род которого зависят от различия влияющих веществ. Он уподобил это развитие противоположных электричеств образованию их при нагревании кристаллов. Два противоположные электричества одного из по[19]люсов каждого тела при химическом соединении нейтрализуются, что и дает свет и теплоту, а два другие полюса, удерживая каждый свое электричество, служат к скреплению разнородных атомов. Вот главнейшие моменты истории электрохимической теории.[2]

Она предполагает: 1) что во всяком сложном теле разнородные атомы удерживаются и соединяются по силе электричества, а не по силе простого притяжения, удерживающего однородные атомы; 2) что при всяком соединении происходит развитие теплоты, а при разложении поглощение ее; 3) что атом каждого сложного тела состоит из двух частей, на которые распадается тело при действии тока; 4) что одно из электричеств каждого атома не может нейтрализоваться противоположным электричеством другого атома, а электричество другого полюса имеет эту способность; так, при соединении серы с кислородом, на сере остается положительное электричество, а при соединении с оловом отрицательное; 5) что порядок тел по сродству соответствует порядку тел по возбуждению гальванизма. Все эти положения не оправдываются и имеют множество исключений.

---

[1] Ampère. Journal de Phys. 1821. Octob.

[2] Не прибавляем некоторых сделанных впоследствии толкований, например: Eimbrodt, Ann. de Chimie et Phys. (I) LXI—266 и особая брошюра Moscou, 1836.

[20] Предполагать, что разнородные атомы удерживаются электрическим притяжением, а не простым механическим притяжением, какое применяем мы для всех тел, — едва ли есть какое-либо основание. При многих химических соединениях не происходит отделения теплоты, например при соединении солей для образования двойной соли,[1] а разложения перекиси водорода, хлорноватокислых солей и хлористого азота сопровождаются отделением теплоты. Разложение током сложного тела никогда почти не производит разделения его на элементы, которые признавали электрохимики. Сернокислое кали не может быть разложено на SO^3 и Ka^2O, а в водном растворе распадается на H^2SO^4 и KHO, т. е. при действии тока происходит не распадение на элементы, а простое двойное разложение.

$$\left.\begin{matrix} K^2 \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } 2\left\{\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ дают } \left.\begin{matrix} H^2 \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } 2\left\{\begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\right\} O$$

Почти все другие соли и соединения представляют свой особенный способ разложения: то выделяется металл, то его окись, то низшая степень окисления и т. д. Точные исследования Эндрюса[2] показали, [21] что вместе с водородом и озоном при разложении воды происходит H^2O^3; при разложении раствора азотнокислого серебра на катоде получается кристаллическое соединение, замеченное Риттером и содержащее перекись серебра.[3] Если изъяснять все разнообразие, замечаемое при действии тока на соли, различием прямых и второстепенных (directe und secundäre) разложений, как предложил Фараде, то должно признать одно прямое разложение воды во всех водных растворах, прочие же явления должно отнести к действию кислорода и водорода in statu nascendi. Если же приписать действию тока разложения солей, как делал Даниель, то совершенно с равною достоверностью можно изъяснить распадение $\left.\begin{matrix} Ag \\ NO^2 \end{matrix}\right\} O$ на Ag, NO^2 и O, или на Ag^2O и NO^2, или на Ag^2 и NO^3 или на Ag^2O^2 и NO— во всяком случае нужно будет подыскать соответствующее второстепенное действие. Взявши раствор медного купороса, вы можете употребить гальванический ток для доказательства любой теории строения солей, только измените, смотря по надобности, силу тока. Предположим впрочем, что мы доказали распадение солей при действии тока на кислоты и основания—разве из [22] этого можно заключать, что эти тела внутри целого соединения образуют отдельные части, а не одно целое? Разве из нарушенного покоя можно заключить о состоянии действительного

---

[1] Andrews. Lieb. Ann. LXXIII—210. Woods. Phylos Magaz. (4) II—268.

[2] Andrews. Chemical Gazette 1855—339. Он доказал здесь между прочим, что озон есть чистый наэлектризованный кислород и что он всегда при 237° C переходит в обыкновенный кислород.

[3] Wallquist. Journ. f. prakt. Chem. XXXI—180, показал, что в нем есть Ag^2O^2, а Fischer, ibid. XXXIII—237, что это соединение содержит и азотную кислоту: $\left.\begin{matrix} Ag \\ NO^2 \end{matrix}\right\} O + 2Ag^2O^2 + H^2O$.

покоя?[1] Замещение водорода хлором, без изменения свойств тела, окончательно поколебало электрохимическую теорию.[2] Открытием этого замещения мы обязаны Лорану и последующим исследованиям Реньо, Малагути и Дюма. Разнообразие в действиях тока на органические соединения и большая изменчивость силы сродства[3] служат сильными опровержениями электрохимической теории.

Все это заставляет оставить электрохимическую теорию. Она была столь же необходимою ступенью в науке, как и учения о философском камне и флогистоне. Как эти оба, она была следствием [23] общего направления умов, искавших в электричестве разрешения всех сомнений, всех мало известных явлений; все три принесли огромную пользу, давши опору известным явлениям и побуждая к дальнейшим исследованиям; все три внесли в науку свой язык и развили много новых сторон, отвергнули старую теорию; все три объясняли мало известное совершенно неизвестным, или очень темным.

§ 11. Происхождение света и теплоты, как при химическом соединении, так и при соединении электричеств, составляет главную основу всей электрохимической теории, как говорит сам Берцелиус.[4] Современное направление в исследовании соотношения механического движения, света, теплоты и электричества указывает гораздо вероятнейшую теорию происхождения света и теплоты при химических процессах, чем та, какую дал Берцелиус и его предшественники.

Все теоретическое учение нашего времени о телах природы основано на утвердившемся понятии о строении тел из атомов. Еще Демокрит показал, что из частиц без протяжения невозможно составить тела, имеющего его. Главнейшие физические свойства, изомерные, метамерные, полимерные и аллотропические тела не могут быть поняты без [24] существования атомов. Гунт[5] доказывает атомное строение тел тем, что они не повинуются закону Мариота, который должен управлять всеми сплошь однородными телами. Все это заставляет признать атомное строение тел, а световая теория волнения, несомненность которой показали столь многие, вызванные ею явления и опыты (особенно опыты Физо над скоростью света в различных срединах), показала, что в каждом теле существует эфир или эфирные атомы. Изучение явлений лучистой теплоты[6] дало повод думать, что

---

[1] Сказанное нами заимствовано большею частью от Лорана (Méthode d. Chim. 1854) и Жерара (Introduction à l'étude d. Chim. par. sys. unitaire, 1848 и Comptes Rend. de trav. de Chimie, 1846—133).

[2] Новые электрохимики очень неудачно изъясняли замещения водорода хлором. Kolbe (Ausführl. Lehrb. d. organ. Chemie, 1854,1—30) принимает для этого особое видоизменение хлора, в котором он также близок к водороду, как сера к кислороду. О том же Martens. *L'Institut, 1851—109.*

[3] Gladstone (L'Institut, 1855, № 1133) показал, что взгляд Бертоле на двойное разложение и на степень сродства очень вероятен. Термохимические исследования Томсена (Pogg. Ann. XCI—83, XCII—34) утверждают взгляд Гладстона.

[4] Berzelius. Lehrbuch d. Chemie. V — 55.

[5] Hunt. Sillim. Americ. Journ. (2) IX—412. Phylos. Mag. (3) XXXVII—75.

[6] Деви, Румфорд и Джуль показали, что теплота есть механическое явление, а не материя. Еще Ампер (Ann. de Chim. et Phys. (I) 1835. LVIII—

и они происходят от движения того же эфира, которого колебания, известной быстроты, мы [25] называем светом. Потому-то должно принимать, что всякое тело состоит из телесных и эфирных атомов, находящихся в равновесии. Такое мнение мы находим у Бюи-Балло,[1] Ренкина,[2] Вильгельми[3] и некоторых других. Движение телесных атомов должно нарушать покой эфирных, но и движение последних, когда оно имеет определенную скорость и величину размаха, должно выводить из состояния покоя телесные атомы, вес которых вероятно значительно превышает вес атомов эфирных.[4]

[26] Вот, по нашему мнению, основания, на которых должно объяснять отделение света и теплоты при химических процессах. Каждый процесс соединения сопровождается движением телесных атомов; они приводят в движение и атомы эфира, которые, при незначительной быстроте колебаний, производят одни явления теплоты, а при колебаниях более быстрых лучи света и, наконец лучи, действующие химически. Чем сильнее химическое сродство тел, тем с большею энергиею происходит стремление атомов к взаимному сближению, тем сильнейшие колебания сообщат они эфирным атомам, т. е. тем более теплоты отделится при соединении.[5]

---

432) старался объяснить все явления теплоты теориею сотрясения. Меллони (Comptes Rend. Acad. XVIII—39. Pogg. Ann. LXII—18) в 1844 году сделал следующее заключение из известных тогда исследований над лучами теплоты: свет есть не что иное, как особый род для глаза ощутительных явлений теплоты (indications calorifiques). Это особенно ясно из тех опытов (Brücke, Müller's Archiv, 1845, 262; Pogg. Ann. LXV—593), которые показали, что вещество глаза не прозрачно ни для теплых, ни для химических лучей. Лучи теплоты подвержены всем изменениям, как и световые. Давно известно, что они отражаются и преломляются. Берар, Форбес, Эрманн, Меллони, Провостайе и Дессень, Кноблаух, Физо и Фуко доказали, что лучи теплоты подвержены двойному лучепреломлению, поляризации, интерференции и различию в цвете — или теплоцветности.

[1] Buys-Ballot. Schets eener physiologie van het on bewerk tuigde Kyk der Natur, 1849, Utrecht. (*Основания физиологии неорганического царства природы*). Fortschritte d. Phys. Berlin, 1849, 3. Здесь излагается строение тел из атомов. Бюи-Балло полагает, что телесные атомы притягиваются друг к другу и притягивают эфирные атомы, а эти последние взаимно отталкиваются. Это сходствует с *теориею теплородных атмосфер Лапласа* (Ann. de Chim. et Phys. (I) XXI—22). Если через F (x) означим сумму всех притяжений, а через φ (x) всех отталкиваний, то в покое F (x) — φ (x) = 0.

[2] Rankine. Philos. Magaz. (4) I—441, II—509. Lieb. Jahresb. 1851—30 и 130, при исследовании упругости паров и распространения света дает теорию атомного строения тел, очень сходную с теориею Бюи-Балло.

[3] Wilhelmi. Versuch zu einer matematisch-physikalischen Wärmetheorie. Heidelberg, 1851, Lieb. Jahresbericht, 1851—45, предлагает теорию, также очень сходную с теориею Бюи-Балло.

[4] W. Thomson. Compt. Rend. Acad. XXXIX—529.

[5] Многочисленные исследования показали соотношение силы сродства с количеством теплоты, отделяющейся при соединении. Упомянем о работах: Hess. Bullet. phys. mat. St. Petersb., 1844; Favre et Silbermann. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXXIV—357, XXXVI—5, XXXVII—406. Comptes Rend. Acad. XVIII—659, XX—1565, XXI—944, XXII—283, 823 и 1140, XXIII—199, 411, XXIV—1081, XXVI—595, XXVII—56, 111, 362, XXVIII—627, XIX—449; Woods. Phylos. Magaz. (4) II—268, IV—370; Journ. für prakt. Chemie LV—99; Archiv de sciences phys. et natur. Genève XVIII—146, XXII—82; Andrews, Philos.

Обратные действия показывают некоторую достоверность этого мнения. Сильнейшие световые колеба[27]ния [1] производят значительное колебание и в телесных атомах—вот причина, по которой свет столь сильных источников, как солнце, может производить химические разложения и соединения. Подобно тому, как механическое сотрясение разрушает гремучее серебро, хлористый и иодистый азот, заставляет углеродистый водород и воду образовать спирт, окись углерода и воду — муравьиную кислоту, [2] подобно тому, как посредством одного трения разлагается бертолетова соль с серою, и при таком же механическом движении происходят многие соединения—подобно тому разрушаются и проис[28]ходят многие соединения при действии теплоты и света, которые приводят атомы в такое же движение, как и механические силы. Подобным взаимодействием эфирных и телесных атомов Драпер [3] изъяснял явления света и теплоты при химических соединениях и химических процессах при действии света.

Работа теплоты [4] определяется именно тем количеством материи, какое приводит в движение известное состояние эфирных колебаний. Так точно известная сила света разлагает известное количество материи, от чего зависят оттенки на светописных снимках; так точно известное химическое действие производит известное количество теплоты и света. [5]

Magaz. (4) IV—497. Liebigs's Annal. LXXIII—210; Tomsen. Pogg. Annal. LXXXVIII—349, XC—261, XCI—83, XCII—34; Matteucci. Archiv d. scien. phys. et natur. Genève. IV—381. Этот последний показал, что для всякого химического процесса существует эквивалент возбужденного им электричества, света и теплоты.

[1] Многочисленные исследования Draper'a (Philos. Mag. XXX—345) показали, что при постепенном нагревании появляются сперва лучи теплоты, и притом с небольшою быстротою размаха, потом лучи световые (525°C); наконец уже, когда быстрота колебания эфира станет наибольшею, являются лучи света, действующие химически. Свет обыкновенной свечи не действует химически или действует очень слабо. Химически действующие лучи, при преломлении в призме, отклоняются сильнее фиолетовых (также Philos. Magaz. XXXII—100).

[2] Berthelot (l'Instit. 1855, № 1143) показал, что смесь углеродистого водорода C^2H^4 и воды H^2O при долговременном взбалтывании образует спирт $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$, а также окись углерода CO с водою H^2O дает муравьиную кислоту $\left.\begin{matrix}CHO\\H\end{matrix}\right\}O$. Взбалтывание производилось от постоянного движения боченка, содержащего смесь и привязанного к рычагу пильной машины.

[3] Draper. Philos. Magaz. (3) XXXII—100, (4) 1—368. Archiv d. scien. phys. et natur. XVIII — 41.

[4] Работа теплоты или механический эквивалент теплоты показывает, какую тяжесть в состоянии поднять на один метр теплота, необходимая для того, чтобы нагреть 1 вес воды на 1°C. По теоретическим исследованиям Holzmann'a (1844) механический эквив. теплоты равен 374; по исследованиям и опытам Joule (1850, Philos. Transati, 61) = 423,3, а по опытам Kupffer'a (Bullet. Ph. mathem. St. Petersb., 1852, X — 193; Pogg. Ann. LXXXVI—310; Philos. Mag. (4) IV—393; Sillim. Journ. (2) XIV—421) механический эквивалент теплоты равен 453.

[5] Драпер (Philos. Mag. (3) XXXII—100. On the production of light by chemical action) показал, что чем сильнее процесс химического соединения, тем больший показатель преломления имеют лучи получающегося света. Внутри пламени свечи происходит красный цвет, снаружи, где окисление сильнее, фиолетовый. Мы

[29] Обобщение сил и явлений природы: света, теплоты, механического движения, электричества и сродства, как цель новой науки, [1] приобретает себе новую опору в подобном взгляде на причину света и теплоты, происходящих при химическом процессе. Что же касается до причины отделения при этом электричества, то она будет понятною только тогда, когда получим мы ясное понятие о природе самого электричества. Очень вероятно, что это есть известное состояние движения телесных частиц. Если это так, то связь электричества с химическим процессом (т. е. происхождение электричества при химических процессах, химическое действие тока и лейденской банки) изъяснится очень просто, потому что всякий химический процесс обусловливается движением атомов.

Во всяком случае, причину химического сродства мы должны искать в простом преобладании притяжения разнородных атомов или частиц. Изменение силы сродства от действия теплоты [30], растворяющего вещества и других причин изъяснится изменением расстояния атомов, при чем очевидно изменяется и сила притяжения. Действие фермента, по идее Либиха, производит разложение, потому что движущиеся частицы фермента приводят в движение частицы бродящего тела, а при движении, очевидно, могут атомы придти в такое положение, что равновесие происходит только при ином их расположении.

Все вышепоказанное есть только простое совокупление и прямое следствие известных нам сведений науки — для того, чтоб показать возможность более современного и менее искусственного изъяснения того, что дало повод к изобретению электрохимической теории.

§ 12. Отвергнув дуализм и электрохимическую теорию, Жерар старался над всеми хорошо известными телами провести свою идею сходственности, или аналогии и гомологии. Это дало начало его системе. Если огромное значение Берцелиуса для Химии можно сравнить с значением Линнея для Ботаники, то Жерара должно поставить в ряд с Жюсьё, которому наука обязана началами естественной системы. Не станем излагать всю систему Жерара, но укажем только ее начала, из которых она весьма последовательно вытекает.

Мы уже видели, какие понятия об эквивалентах и весе частиц разделял Жерар с Лораном, при[31]ведем теперь понятия его о четности паев, двойном разложении, о кислотах и солях, о типах и основности.

§ 13. Сличая состав всех точно известных органических соединений, Жерар дал два весьма важных закона, послуживших началом всем дальнейшим исследованиям этого химика: 1) Все тела, объем паров которых равен четырем, имеют четное число паев каждого про-

---

видим большую часть пламени белою только оттого, что получаем единовременно впечатление всех цветов.

[1] Grove. Philos. Mag. (3) XXXI—67; (4) III—311. L'Institut, 1848, 154, 162, 169, 176, 184; 1852—211. Archiv d. scien. phys. et natur., XX—288. Здесь с наибольшею ясностью развита идея о сродстве всех сил природы, и особенно значение механического движения. Эта идея имеет впрочем давнее начало. Замечательный опыт Грове показал, что при действии света на дагерротипную пластинку не только замечаются явления теплоты, света и химические, но и возбуждается ток.

стого тела, а сумма числа паев H, N, P, Cl, J и металлов делится на четыре. 2) *Все тела, объем паров которых равен двум, всегда имеют четную сумму числа паев H, N, P, Cl, J, Br и металлов.* [1] Вот несколько примеров, представленных по старой теории (но по паям Жерара).

4-х объемные тела.

Спирт $C^4H^{12}O^2$
Уксусная кислота $C^4H^8O^4$
Бензойная кислота $C^{14}H^{12}O^2$
Анилин $C^{12}H^{14}N^2$
Аммиак N^2H^6
Нафталин $C^{20}H^{16}$
Хлористый водород Cl^2H^2 [32].

2-х объемные тела.

Эфир $C^4H^{10}O$
Углекислота CO^2
Вода H^2O
Сернистый водород H^2S
Безводная серная кислота SO^3
Синерод C^2N^2
Эфиль C^4H^{10}.

Исключения существуют только для тел мало известных. Видевши все различие основности тел 4-х и 2-х объемных, желая установить однообразие и строгое согласие состава с объемом пара, Жерар разделил формулы 4-х объемных тел пополам и привел все тела к двум объемам. [2] Измененный закон эквивалентов (§ 4) позволил (а отчасти и вызван был правилом четных чисел) распространить второй закон четности паев и на все неорганические соединения, так что подчеркнутый нами закон распространяется ныне на все хорошо исследованные соединения органические и неорганические.

Введение этого закона прямо привело к уничтожению понятий дуалистов, полагавших, что в частице уксусной и азотной кислот (как и во всякой [33] другой кислоте), в едком кали и спирте есть вода, что, при настоящем состоянии наших сведений, мы должны отвергнуть. Вот изображение состава названных четырех тел по теории Берцелиуса.

Уксусная кислота $C^4H^6O^3$, H^2O
Спирт C^4H^5O, H^2O
Водная азотная кислота N^2O^5, H^2O
Едкое кали K^2O, H^2O.

[1] Gerhardt. Recherches sur la classification chimique des corps organiques. Revue scientif. et industr. 1842. X—15. Здесь ясно высказан этот закон. Laurent. Ann. d. Chim. et Phys. 1846 (3) XXIII—266. Compt. Rend. XXI—674, XXII—454. Окончательное развитие этого закона можно приписать Лорану, как видно в его посмертном (Лоранумер в апреле 1853 г.) сочинении Méthode de Chimie, 1854 г.

[2] В своей Органической Химии Жерар принимает для всех тел четырехобъемные формулы, но сам говорит, что гораздо правильнее употреблять двуобъемные формулы, что и делает в своих последних произведениях.

По теории Жерара они:

$$\left.\begin{matrix} C\,H^3O \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} NO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} K \\ H \end{matrix}\right\} O$$

В различии этих понятий лежит сущность изменений, введенных Жераром в систему Берцелиуса.[1] Долго эти идеи разделял с Жераром один только Лоран, и много жестоких нападений пришлось вытерпеть этим химикам, особенно со стороны Либиха,[2] Берцелиуса и их партий. Шансель и Виль[34]ямсон первые пристали к учению Жерара, но тогда только, когда оно было укреплено твердыми и общими понятиями об основности.

§ 14. Двойное (а не гальваническое) симметрическое разложение, которому равно подчинены почти все химические соединения, служит, по теории Жерара, главною основою для определения сходства, потому что двойное разложение состоит во взаимной мене более или менее сходственных веществ. Вот несколько примеров:

$$\text{Из } \left.\begin{matrix} K \\ Cl \end{matrix}\right\} \text{ и } \left.\begin{matrix} Ag \\ NO^2 \end{matrix}\right\} O \text{ образуются } \left.\begin{matrix} Ag \\ Cl \end{matrix}\right\} \text{ и } \left.\begin{matrix} K \\ NO^2 \end{matrix}\right\} O$$

хлор. кал. — азотнокислая окись серебра — хлор. серебро — азотнокислая окись калия

$$\text{Из } \left.\begin{matrix} H^2 \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } \left.\begin{matrix} K \\ H \end{matrix}\right\} O \text{ образуются } \left.\begin{matrix} KH \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$$

серная кисл. — едкое кали — кислое сернок. кали — вода

$$\text{Из } \left.\begin{matrix} Cu^2 \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} S \text{ образуются } \left.\begin{matrix} H^2 \\ SO^2 \end{matrix}\right\} O^2 \text{ и } \left.\begin{matrix} Cu \\ Cu \end{matrix}\right\} S$$

сернокислая окись меди — сернистый водор. — серная кислота или сернокисл. окись вод. — сернистая медь

---

[1] Gerhardt. Liebig's Ann. 1854, XCI—198.

[2] Укажем на одну статью, помещенную в Liebig's Annalen 1846 г., LVII—93: Gerhardt und die organiche Chemie. Лоран и Жерар отвечали Либиху на эту статью Lieb. Ann. LVII—388. Поводом для этого спора были несогласия в исследованиях Меллони.

Из $\left.\begin{matrix}Mg^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}K^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$ образуются $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$

сернокислая магнезия — углек. кали — сернок. кали — углек. магнезия

[35] Из $\left.\begin{matrix}Ba\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}Ba\\H\end{matrix}\right\}O$

азотнокисл. барит — едкое кали — азотнокисл. кали — едкий барит

Из $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ образуются $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)H\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$

алкооль — серная кислота — вода — серновинная кислота

Из $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)H\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}K\\CN\end{matrix}\right\}$ образуются $\left.\begin{matrix}HK\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\CN\end{matrix}\right\}$ [1]

серновинная кислота — синеродистый калий — кислое сернок. кали — синер. эфиль

Соль есть тело, содержащее металл и часть неметаллическую, могущие меняться посредством двойного соляного разложения. [2] $\left.\begin{matrix}K\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ суть соли. *Кислота* есть соль, в которой металл [36] заменен водородом. *Безводные кислоты* не суть кислоты, а только окислы.

$SO^2 \cdot O$ — безводная серная кислота

$\left.\begin{matrix}NO^2\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ — безводная азотная кислота

$\left.\begin{matrix}C^2H^5O\\C^2H^5O\end{matrix}\right\}O$ — безводная уксусная кислота

$C^4H^4O^4 \cdot O$ — безводная виннокам. кислота

Щелочь есть соль, в которой неметаллический радикал замещен водородом:

$\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$ едкое кали — $\left.\begin{matrix}Ba\\H\end{matrix}\right\}O$ едкий барит — $\left.\begin{matrix}Ca\\H\end{matrix}\right\}O$. едкая известь

---

[1] Конечно все эти разложения не происходят прямо, как показали Бертолле и Гладстон, но нам важен конечный результат.

[2] Существование сложных радикалов доказывается тем, что при двойном разложении сложная группа атомов заступает место простого тела, например, водорода. Этим способом Жерар доказал существование радикалов, содержащих кислород, например, ацетиля C^2H^3O. Compt. Rend. Acad. XXXIV—205; Lieb. Ann. LXXXIII—115; Chiozza. Compt. Rend. Acad. XXXV—225; Archiv d. scien. phys. et natur. XXI—69; Lieb. Ann. LXXXIV—102. Journ. f. prakt. Chemie LVII—178. *Эти исследования имеют важное значение для Химии.*

Потому вода есть кислота, в которой водород может замещаться металлом и неметаллическим радикалом, что доказывается двойным разложением, в какое вступает вода:

Из $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$

Из $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}bi\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}bi\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}H\\NO^2\end{matrix}\right\}O$

Из $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ и $2\left.\begin{matrix}Mg\\Cl\end{matrix}\right\}$ образуются $\left.\begin{matrix}Mg\\Mg\end{matrix}\right\}O$ и $2\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$

Из $\left.\begin{matrix}NO^2\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}H\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}H\\NO^2\end{matrix}\right\}O$

Но ведь с понятием о кислоте мы соединяем понятие о чем-то, действующем особенно сильно на многие тела, а вода, скажут нам, не действует так. Приведенные примеры показывают, что и вода на многие соединения действует, как кислота [37]. Притом известная степень действия на другие тела вовсе не есть отличительный признак кислоты, потому что соли: поташ, хлористое золото, азотнокислое серебро и др. действуют часто гораздо сильнее, чем сами кислоты. Раствор медного купороса точно так же растворяет железо, как и серная кислота, только здесь выделяется медь, а там водород. Сама серная кислота (Δ=1,83) при низких температурах имеет вид теста, не красит лакмусовой бумажки, не разлагает поташ, не действует даже на едкое кали, как показал Мареска. [1] Итак вода есть кислота, а водород—металл кислот, кислоты—соли водорода.

Понятие о типе воды $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ еще более обобщает эти выводы. Все те тела принадлежат к этому типу, которые содержат кислород (или серу) и один или несколько радикалов, могущих меняться чрез двойное разложение. Все тела этого типа могут быть представлены подобно воде, в которой водород замещен простым или сложным радикалом:

$\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}K\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}K\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}K\\C^7H^5O\end{matrix}\right\}O$;
окись калия	едкое кали	окись эфиля и кали	уксуснокислое кали	бензойнокислое кали [38]
$\left.\begin{matrix}fe\\fe\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}NO^2\\NO^2\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}NO^2\\fe\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}NO^2\\NH^4\end{matrix}\right\}O$,	$\left.\begin{matrix}NO^2\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$.
окись железа	безводн. азотная кислота	азотнокисл. ок. железа	азотнокисл. ок. аммония	азотнокисл. эфиль

[1] Mareska. Berzel. Jahresbericht XXVI—28.

$\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$, эфир; $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$, спирт [1]; $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$, уксусн. эфиль

Жерар признает еще три типа:

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ [2]

---

[1] Строение спирта объясняли так: Дюма — $C^4H^8 + H^4O^2$; Берцелиус — C^2H^6O; Митчерлих — $C^4H^{10}O^2 + H^2$; Малагути — $C^4H^6O + H^4 + H^2O$; Либих — $C^4H^{10}O + H^2O$ и Жерар (Revue Scientif. 1842, X — 160) — $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$. Образозание эфира изъясняли: a) каталитическим влиянием, и b) распадением серновинной кислоты. Виллиамсон и Шансель доказали справедливость взгляда Жерара на строение спирта и эфира и объяснили образование последнего. Эфир происходит при двойном разложении двух частиц, содержащих эфиль, напр. из $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\J\end{matrix}\right\}$ получается $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$ — эфир и $\left.\begin{matrix}K\\J\end{matrix}\right\}$ или при действии $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)H\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ на спирт $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ происходит $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$. Это утверждается тем, что из $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\K\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\J\end{matrix}\right\}$ получается двойной эфилеамилевый эфир $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}O$ и KJ, объем паров которого равен объему паров обыкновенного эфира. Итак вот что происходит при действии серной кислоты на спирт: 1) $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O$ дают $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)H\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$, и потом, в прикосновении с новым количеством спирта, 2) $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)H\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ дают $\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ (которая идет для дальнейшего действия) и $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$. Williamson. Journ. of the Chemical Society IV — 106, 229 и 350, Philos. Magaz. (3) XXXVII — 350. Chemical Gazette, 1851 — 334. Lieb. Ann. LXXXI — 73; Journ. f. prakt. Chem. LV — 257; Comptes Rend. d. trav. d. Chim. 1850—354, 1852—126, Lieb. Jahresber. 1851—295, Ann. de Chim. et Phys. (3) XL—98. Chancel. Gerhardt et Laurent. Compt. Rend. de. trav. d. Chim. 1850.

[2] Примеры типа $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$: 1) $\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Hg\\Hg\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Pb\\Sn\end{matrix}\right\}$. 2) Эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}$, открытый Франкландом. Это строение эфиля показали Gerhardt et Laurent (Comptes Rend. d. trav. d. Chim. 1849—414) и доказал Wurtz (L'Instit., 1855, № 1120) тем, что открыл эфиль-амиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}$, эфиль-бутиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^4H^9\end{matrix}\right\}$ и друг. 3) Альдегид $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}$, т. е. водородо-ацетиль, как доказал Chiozza (Comptes Rend. Acad. XXXVI—631, Lieb. Ann. LXXXV—231, Ann. de Ch. et Phys. (3) XXIX—221) тем, что водородистая медь $\left.\begin{matrix}Cu\\H\end{matrix}\right\}$ $\left(=\left.\begin{matrix}Cu^2\\H\end{matrix}\right\}\text{ Wurtz}\right)$ с хлористым ацетилем $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Cl\end{matrix}\right\}$ дает $\left.\begin{matrix}Cu\\Cl\end{matrix}\right\}$ и альдегид $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}$; так же как хлористый бензоил $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\Cl\end{matrix}\right\}$ с $\left.\begin{matrix}Cu\\Cl\end{matrix}\right\}$ дает горькоминдальное масло $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}Cu\\Cl\end{matrix}\right\}$. 4) Ацетон есть альдегид, в котором водород замещен метилем $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\}$, что доказали Chiozza (Lieb. Ann. LXXXV—233) и Städeler (L'Instit. 1853—273). 5) Бензин $\left.\begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\right\}$, т. е. водородо-фен; салицин $\left.\begin{matrix}C^7H^5O^2\\H\end{matrix}\right\}$ и т. д.

[40] $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}^{1}$ и

$$N\left\{\begin{matrix}H^{2}\\H\\H\end{matrix}\right.$$

[41] Все хорошо известные соединения могут быть подведены под эти типы, [3] но не всякий сложный радикал может заступать место одного пая водорода, есть такие, которые, как SO^2 в серной кислоте, замещают два пая водорода. Для них должно признать типы:

$$\left.\begin{matrix}H^{2}\\H^{2}\end{matrix}\right\}O^{2},\ H^{2},\ \left.\begin{matrix}H^{2}\\Cl^{2}\end{matrix}\right\}\ \text{и}\ N^{2}\left\{\begin{matrix}H^{2}\\H^{2}\\H^{2}\end{matrix}\right.$$

---

[1] Примеры типа $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$: 1) $\left.\begin{matrix}K\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Fe\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}fe\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Mn\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Sn\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}sn\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Ag\\J\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Ca\\F\end{matrix}\right\}$, т. е. все галоидные соли; 2) галоидные эфиры: $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\J\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}CH^3\\J\end{matrix}\right\}$; 3) хлористые кислородные радикалы, как, например, царская водка $\left.\begin{matrix}NO^2\\Cl\end{matrix}\right\}$, хлороацетил $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Cl\end{matrix}\right\}$, хлоробензоил $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\Cl\end{matrix}\right\}$, хлористый серноэтиль $\left.\begin{matrix}SO^2C^2H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$. Получение последних хлористых соединений произведено было Жераром по способу Каура (Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXIII—337).

[2] Примеры типа $N\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$: 1) амиды или первоамиды $N\left\{\begin{matrix}R\\H\\H\end{matrix}\right.$, анилин или фенамид $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5\\H\\H\end{matrix}\right.$, бензамид $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\H\\H\end{matrix}\right.$, метиламин $N\left\{\begin{matrix}CH^3\\H\\H\end{matrix}\right.$; 2) имиды или второамиды: $N\left\{\begin{matrix}R\\R'\\H\end{matrix}\right.$, метилимид $N\left\{\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\H\end{matrix}\right.$, метиланилин $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\\H\end{matrix}\right.$ (Hofmann), эфильнитранилид $N\left\{\begin{matrix}C^6H^4(NO^2)\\C^2H^5\\H\end{matrix}\right.$ (Hofmann), бензоилосалицилевый амид $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\C^7H^5O^2\\H\end{matrix}\right.$; 3) нитрили или триамиды $N\left\{\begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}\right.$, триметиламин $N\left\{\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$, амид бензоила, сульфофениля и серебра $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\C^6H^5SO^2\\Ag\end{matrix}\right.$ (Gerhardt et Chiozza), эфильдиацетамид $N\left\{\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right.$, двубензойный сульфофенилевый амид $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5SO^2\\C^7H^5O\\C^7H^5O\end{matrix}\right.$, метиламиль-анилин $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\\C^5H^{11}\end{matrix}\right.$; 4) $P\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$, например $P\left\{\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$, $P\left\{\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right.$ и др. Особенно важны работы по этому предмету Hoffmann, Wurtz, Gerhardt et Chancel (Journ. für prakt. Chem. LXII—49, LX—144, Compt. Rend. XXXVII—86, Lieb. Ann. LXXXVII—226). Wurtz (Compt. Rend. Ac. XXVII—246, Journ. für prakt. Ch. LX—149) объясняет строение амидов на манер воды, где NH замещен O.

[3] Gerhardt установил эти типы при исследовании безводных одноосновных кислот (§ 15).

Так соли серной кислоты суть $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$, т. е. $\left.\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\}O$, где H^2 замещено SO^2. Потому SO^2 можно рассматри[42]вать, как тело типа $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$, в котором оба H замещены SO^2—радикалом серной кислоты. [1] На этом основании серная кислота есть двуосновная, т. е. в ней есть два пая водорода, могущего замещаться металлом или другим радикалом. Не одна невозможность разделить SO^2 пополам (для других радикалов этого иногда и нет) служит основой для подобного мнения, потому, что между дву- и одноосновными кислотами существует весьма много других отличий. Рассмотрим этот вопрос об основности несколько подробнее, ибо он имеет весьма большую важность. [2]

§ 15. Вот чем особенно отличаются одно- и двуосновные кислоты:

1) Одноосновные кислоты, чрез двойное разложение, дают только один ряд средних солей [43], в которых весь водород замещается металлом. Например: селитра $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$, хлорнокислый барит $\left.\begin{matrix}Ba\\Cl\end{matrix}\right\}$, уксуснокислый барит $\left.\begin{matrix}Ba\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$, хлорноватокислый барит $\left.\begin{matrix}Ba\\ClO^2\end{matrix}\right\}O$. Если к этим солям (как бывает иногда) и присоединяется еще пай кислоты, то он не входит в двойное соляное разложение и должен быть уподоблен паю кристаллизационной воды или лишнему паю основания, например, $\left.\begin{matrix}Cu\\NO^2\end{matrix}\right\}O + Cu^2O$, $\left.\begin{matrix}Hg\\NO^2\end{matrix}\right\}O + Hg^2O + {}^1/_2H^2O$, и $\left.\begin{matrix}Hg\\NO^2\end{matrix}\right\}O + H^2O + {}^1/_2Hg^2O$, кислое уксуснокислое кали и др.

Двуосновные кислоты чрез двойное разложение образуют два ряда солей: в одном (ряд средних солей) оба пая водорода замещены металлом, в другом (ряд кислых солей) только один пай водорода замещен паем металла. Например, $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^3\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}KH\\SO^3\end{matrix}\right\}O^2$ (т. е. K^2O, SO^3 и K^2O, $SO^3 + H^2O$, SO^3—по Берцелиусу), среднее и кислое щавелевокислое кали: $\left.\begin{matrix}K^2\\C^2O^2\end{matrix}\right\}O^2$ и $\left.\begin{matrix}KH\\C^2O^2\end{matrix}\right\}O^2$. Соли этих кислот, как

[1] Сернистая кислота принадлежит в то же время типу воды $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$, в которой H^2 замещены радикалом сернистокислых солей, т. е. SO. При этом напомним еще раз, что формула выражает только сходство, а не истинное расположение атомов.

[2] Gerhardt. Compt. Rend. d. trav. d. Chim. 1851, 177 (Revue Scientif). Journ. d. Pharmac. et Chimie (3) XII — 57. Journ. f. prakt. Chem. LIII — 460. Lieb. Jahresber. 1851 — 292. Понятия Берцелиуса и Либиха (Liebig's Annal. 1838, XXVI—181) об основности служат только зародышем идей Жерара и были приложены только к немногим органическим кислотам.

и одноосновные соли, могут соединяться с лишним паем окисла или безводной кислоты, например, $\left.\begin{matrix}Cr^2O^2\\Pb^2\end{matrix}\right\}O^2 + Pb^2O$, $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2 + SO^2O$. Упомянутое различие одно- и дву[44]основных кислот [1] происходит от того, что одни содержат только один пай незамещенного водорода, а другие два, что ясно для неорганических кислот:

$$\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}, \left.\begin{matrix}NO^2\\H\end{matrix}\right\}O, \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}S, \left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O, \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}.$$

2) По той же самой причине двуосновные кислоты легко образуют двойные соли, содержащие два металла. Например, $\left.\begin{matrix}SO^2\\CuK\end{matrix}\right\}O^2 + 3H^2O$ и все ей изоморфные соли; доломит $\left.\begin{matrix}CO\\CaMg\end{matrix}\right\}O^2$, $\left.\begin{matrix}CO\\KMg\end{matrix}\right\}O^2 + H^2O$. [2] Подобные соли весьма редки в одно [45] основных кислотах. Притом двуосновные кислоты легко образуют помесные соли (sels hybrides по Лорану, т. е. такие, в которых несколько металлов по частям, а не по целым паям, замещают 2 пая водорода. Например, квасцы $\left.\begin{matrix}SO_2\\K^{\frac{1}{2}}\quad al^{\frac{3}{2}}\end{matrix}\right\}O_2 + 6H^2O$, железистогорькоземистый шпат (Pistomesit) $\left.\begin{matrix}CO\\Fe^{\frac{4}{5}}\quad Mg^{\frac{6}{5}}\end{matrix}\right\}O^2$, плеохроическая соль $\left.\begin{matrix}C^2O^2\\cr^{\frac{3}{2}}\quad K^{\frac{1}{2}}\end{matrix}\right\}O^2$. Многоразличные помесные окислы принадлежат сюда же, потому что вода есть двуосновная кислота. Например, шпинель $\left.al^{\frac{3}{2}}\ Mg^{\frac{1}{2}}\right\}O$, перовскит $\left.Cu^{\frac{2}{3}}\ ti^{\frac{4}{3}}\right\}O$, кубан $\left.Cu^{\frac{2}{3}}\ Fe^{\frac{4}{3}}\right\}S$. До сих пор мы не имеем еще средства отличать изоморфные смеси от двойных солей. Так, мы не можем сказать, есть ли криолит $\left.\begin{matrix}al\\F\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}Na\\F\end{matrix}\right\}$ или $\left.\begin{matrix}al^{\frac{1}{2}}\ Na^{\frac{1}{2}}\\F\end{matrix}\right\}$, доломит

---

[1] Мы не останавливаемся уже на трех основных кислотах (фосфорной $\left.\begin{matrix}PO\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$, лимонной $\left.\begin{matrix}C^6H^5O^4\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$, меконовой $\left.\begin{matrix}C^7HO^4\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$), потому что отличие их станет понятным, когда припомним, что у них есть 3 пая металлического водорода, как у одноосновных — один и у двуосновных — два. На основании этого хлористые соединения радикалов одноосновных кислот суть $\left.\begin{matrix}R\\Cl\end{matrix}\right\}$, двуосновных $\left.\begin{matrix}R\\Cl^2\end{matrix}\right\}$, а трехосновных $\left.\begin{matrix}R\\Cl^3\end{matrix}\right\}$. Например, хлористый фосфор $\left.\begin{matrix}P\\Cl^3\end{matrix}\right\}$, хлористый фосфиль $\left.\begin{matrix}PO\\Cl^3\end{matrix}\right\}$, хлоросульфиль $\left.\begin{matrix}SO^2\\Cl^2\end{matrix}\right\}$, хлоросукциниль $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^2\\Cl^2\end{matrix}\right\}$, потому цитрамид есть: $N^3\left\{\begin{matrix}C^6H^5O^4\\H^3\\H^3\end{matrix}\right.$.

[2] Целый ряд двойных углекислых солей описал Девиль. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXXIII—75. Journ. f. prakt. Chem. LIV—219 [45].

$\left.\begin{matrix}CaMg\\CO\end{matrix}\right\}O^2$ или $\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2 + \left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$. Разрешение этого важного вопроса невозможно основывать на одном изучении кристаллической формы, как это делалось до сих пор.

3) Одноосновные кислоты не дают солей вроде безводного кислого сернокислого кали $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2 + SO^3$, безводного кислого хромовокислого кали $\left.\begin{matrix}K^2\\Cr^2O^2\end{matrix}\right\}O^2 + Cr^2O^3$, кислого углекислого кали [46] $\left.\begin{matrix}K^2\\CO\end{matrix}\right|O^2 + CO^2$.[1] Одноосновным кислотам вовсе не свойственны такие видоизменения, какие свойственны многим двуосновным: фосфорной (пара-, мета- и пирофосфорные кислоты), оловянной, вольфрамовой, виннокаменной,[2] лимонной и др. [47].

---

[1] Эти соединения, на основании их объемов и продуктов разложения, я старался уподобить безводным одноосновным кислотам. Так водное кислое сернокислое кали $\left.\begin{matrix}SO^2\\HK\end{matrix}\right\}O^2$ есть в то же время одноосновная кислота $\left.\begin{matrix}KSO^3\\H\end{matrix}\right\}O$, а безводное кислое сернокислое кали $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2 + SO^3$ есть безводная одноосновная кислота $\left.\begin{matrix}KSO^3\\KSO^2\end{matrix}\right\}O$, как уксусная кислота $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O$ есть одноосновная кислота, $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$ есть безводная уксусная кислота или окись ацетила. Это мнение я постараюсь доказать довольно значительным количеством сходственных соединений и признаков (смотри отдел VI).

[2] Предлагаем для примера краткую характеристику некоторых видоизменений виннокаменной кислоты $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^4\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$.

1) *Право-виннокаменная* кислота (ac. tart. droit ou ac. dextroracémique, Pasteur) и 2) *лево-виннокаменная* кислота (ac. tartar. gauche ou lévoracémique, Pasteur) различены Пастером в 1849 году по различию комбинационных площадей, совершенно впрочем одинаковых кристаллических форм. Их соединения почти все не различаются друг от друга ничем, кроме правых и левых гемиэдрических комбинаций. Но в соединении с телами, которым свойственна круговая поляризация, они играют различную роль. Право-виннокаменная кислота с аспарагином легко дает кристаллическое соединение, а левая вовсе не образует; еще яснее различие обеих кислот в соединении с хинином, цинхонином и др. 3) *Пара-виннокаменная* кислота (ou ac. racémique) открыта в 1822 г. Кестнером в винограде некоторых местностей. Она и ее соли трудно кристаллизуются, принадлежит к триклиноэдрической системе (а 1 и 2 к моноклиноэдрической), не оказывает действия на полярископ; не имеет гемиэдрических форм; распадается на правую и левую виннокаменные кислоты. Если смешать 1 и 2, то жидкость нагревается, и получается пара-виннокаменная кислота. 4) *Недействующая виннокаменная* кислота (ac. tartar. inactif, Pasteur, 1853) получается из пара-виннокаменнокислого цинхонина, нагретого до 170° С; не распадается на правую и левую кислоты, как 3, но и не оказывает действия на поляризованный луч. Образует соли.5) *Мета-виннокаменная* кислота (Braconnot) образуется чрез сплавление виннокаменной кислоты. Она и ее соли очень легко растворимы, притягивают влажность, имеют иную кристаллическую форму, чем соли 1, 2 и 3 кислот. 6) *Изо-виннокаменная* кислота (Fremy) образуется при долгом нагревании солей 1, 2 или 5 кислот. Состав солей этой кислоты сходствует с составом кислых солей 1 и 2 кислот.

4) Одноосновные кислоты не имеют элементов воды, потому не выделяют ее, без разрушения радикала и при нагревании не дают безводных кислот. Безводные одноосновные кислоты происходят легче всего при двойном разложении, как показали замечательные открытия Жерара. [1] Безводная уксусная кислота происходит:

[48] Из $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Cl\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Na\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$

хлороацетил 2 объема — уксусно-кислый натрий — хлористый натрий — безводная уксусн. кисл. 2 объема [2]

Этот способ образования доказывается не только удельным объемом газов, но и тем, что пай ацетиля может быть замещен другим радикалом одноосновной кислоты:

Из $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Cl\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\Na\end{matrix}\right\}O$ образуются $\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^7H^5O\end{matrix}\right\}O$

хлороацетиль 2 объема — бензойно-кислый натр — хлористый натр — бензойно-укусная безводн. кислота 2 объема

[49] Кроме того, *при употреблении соли двуосновной кислоты* не происходит подобной реакции и подобных двойных кислот, а образуется простая смесь безводных кислот. [3]

---

[1] Gerhardt. Journal f. prakt. Chemie LVI—321, Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXXVII—285. Comptes Rend. Acad. XXXIV—755, 902, XXXVI—55. Lieb. Ann. LXXXII—127, LXXXIII—112, LXXXVII—57, L'Instit. 1852—154.

Открытия сложных эфиров Виллиамсоном и безводных кислот Жераром принадлежат к замечательнейшим открытиям нашего времени, тем более, что они вызваны были новою теориею и ею предсказаны и изъяснены. До 1852 г. была известна безводная иодная кислота и безводная азотная кислота, описанная Девиллем (Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXVIII—241. Journ. f. prakt. Chem. XLVII—185). Историю открытия одноосновных кислот см. Williamson. Philos. Mag. (4) V—381.

[2] Для получения безводной кислоты лучше всего прямо обрабатывать соль посредством $\left.\begin{matrix}PO\\Cl^3\end{matrix}\right\}$, как советует Жерар. Тогда часть соли превращается в хлористый радикал, который и вступает в разложение с остальным количеством соли. Wunder (Journ. f. prakt. Chem. LXI—480) советует употреблять вместо $\left.\begin{matrix}PO\\Cl^3\end{matrix}\right\}$ просто PCl^5.

[3] Gerhardt et Chiozza. Comptes Rend. XXXVI—1050. Lieb. Ann. LXXXVII—290. Journ. f. prakt. Chem. LIX—449.

Из $2\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\Cl\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^2\\Na^2\end{matrix}\right\}O^2$ образуются

хлор. бензоил — янтарно-кислый натр

$2\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\C^7H^5O\end{matrix}\right\}O$ и $C^4H^4O^2 \cdot O$

хлористый натрий — безводная бензойная кислота — безводная янтарная кислота

Двойных двуосновных кислот в безводном состоянии мы не знаем, зато двуосновные кислоты очень легко дают свои безводные кислоты, потому что при нагревании всегда почти распадаются на воду и безводную кислоту. Так углекислота не известна нам в водном состоянии, а безводные кислоты — серная, янтарная, виннокаменная — были известны очень давно.

5) Одноосновные кислоты с радикалами спиртов дают только один средний эфир: например, уксуснокислый эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$, бензойнокислый метиль [50] $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\CH^3\end{matrix}\right\}O$, синеродистый амиль $\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\CN\end{matrix}\right\}$, азотистокислый эфиль $\left.\begin{matrix}NO\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$. Двуосновные кислоты дают два эфира: средний и кислый, который есть одноосновная кислота. Например, виннокаменнокислый метиль $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^4\\2(CH^3)\end{matrix}\right\}O^2$ и виннокаменно-метилевая кислота $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^4\\(CH^3)\,H\end{matrix}\right\}O^2$, янтарнокислый эфиль $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^3\\2(C^2H^5)\end{matrix}\right\}O^2$, серновинная кислота $\left.\begin{matrix}SO^2\\(C^2H^5)\,H\end{matrix}\right\}O^2$, сернисто-эфилевая кислота $\left.\begin{matrix}SO\\(C^2H^5)\,H\end{matrix}\right\}O$ и т. д. Образование двух эфиров совершенно соответствует образованию двух солей, ибо эти сложные эфиры суть не что иное, как соли, в которых металл замещен радикалом спирта. Потому вообще должно сказать, что одноосновные кислоты с одноосновными радикалами *образуют один ряд соединений, а двуосновные кислоты два ряда.* На том же основании двуосновные кислоты легко образуют сложные эфиры, например, щавелевокислый эфилометиль $\left.\begin{matrix}C^2O^2\\(C^2H^5)\,(CH^3)\end{matrix}\right\}O^2$ и др.

6) С аммиаком одноосновные кислоты (как и вообще одноосновные радикалы, например, метиль, фен и др.) дают только средние амиды, имиды и [51] нитрили:

бензамид $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\H\\H\end{matrix}\right.$, анилин $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5\\H,\\H\end{matrix}\right.$ [1]

бензанилид $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\C^6H^5\\H\end{matrix}\right.$, дибензанилид $N\left\{\begin{matrix}C^7H^5O\\C^7H^5O,\\C^6H^5\end{matrix}\right.$

синеродистый амид $N\left\{\begin{matrix}CN\\H\\H\end{matrix}\right.$, ацетамид $N\left\{\begin{matrix}C^2H^3O\\H\\H\end{matrix}\right.$

и т. д. Двуосновные кислоты, кроме таких же средних *амидов*

$\left(\text{оксамид } N^2\left\{\begin{matrix}C^2O^2\\H^2\\H^2\end{matrix}\right.\right.$, сукцинамид $N^2\left\{\begin{matrix}C^4H^4O^2\\H^2\\H^2\end{matrix}\right.$,

аспарагин $N^2\left\{\begin{matrix}C^4H^4O^2\\H^2\\H^2\end{matrix}\right.$, [2] тартарамид $N\left\{\begin{matrix}C^4H^4O^4\\H^2\\H^2\end{matrix}\right)$, *имидов*

(как сукцинимид $N\left\{\begin{matrix}C^4H^4O^2\\H\end{matrix}\right.$, фумаримид $N\left\{\begin{matrix}C^4H^2O^2\\H\end{matrix}\right)$ и *нитрилей*

(трисукцинамид $N^2\left\{\begin{matrix}C^4H^4O^2\\C^4H^4O^2\\C^4H^4O^2\end{matrix}\right)$ образуют еще кислые амиды по типу

воды и аммония. Это одноосновные кислоты $\left.\begin{matrix}NH^4\\H\end{matrix}\right\}O$, в которых H^2 замещает двуосновный радикал. [52] Например, сукцинаминовая кислота $\left.\begin{matrix}NH^2(C^4H^4O^2)\\H\end{matrix}\right\}O$, оксаминовая кислота $\left.\begin{matrix}NH^2(C^2O^2)\\H\end{matrix}\right\}O$, аспарагиновая кислота $\left.\begin{matrix}NH^2(C^4H^4O^2)\\H\end{matrix}\right\}O$.

Основываясь на совокупности этих признаков, легко узнать основность изучаемой кислоты, или радикала, потому что радикал определяет основность. Мы должны точно исследовать основность каждого радикала от калия, эфиля, платины, амиля и фениля, до ураниля, ацетиля, хлора, фосфора и др. Жерар исследовал основность радикалов кислот, но все металлы и радикалы спиртов, судя по их эквивалентам, признал одноосновными.

---

[1] C^6H^5 есть радикал феновой одноосновной кислоты $\left.\begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\right\}O$, входящей в большом количестве в состав креозота.

[2] $C^4H^4O^3$ есть радикал яблочной кислоты $\left.\begin{matrix}C^4H^4O^3\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$.

§ 16. Все приведенные нами основания жераровой системы, без сомнения, далеко не последнее слово науки, но это, по крайней мере, высшая ступень, доступная теперь нам.

В системе Жерара все соединения одного радикала образуют группу, например, группы эфилевая, азотной кислоты, калия, бензоила. Все группы, которых не гомологические радикалы легко превращаются друг в друга, образуют ряд (Série). Так в ряд уксусной кислоты входят группы: метилевая, уксусная, лимонная, виннокаменная, яблочная. В различных рядах очень часто находятся гомологические группы.

[53] Ряды	Гомологические группы, содержащие радикал по формуле: $C^nH^{2n+1}=A$	$C^{n+1}H^{2n-1}O=CAO$	$C^{n+2}H^{2n}O^2$
1) Муравьиной к.	Водород H	Формил CHO	Оксатил C^2O^2
2) Уксусной к.	Метил CH^3	Ацетил C^2H^3O	? $C^3H^2O^2$
3) Пропионовой к.	Эфиль C^2H^5	Пропионил C^3H^5O	Сукциниль $C^4H^4O^2$
4) Масляной к.	Тритил C^3H^7	Бутирил C^4H^7O	Пиротартарил $C^5H^6O^2$
5) Валериановой к.	Тетриль C^4H^9	Валериль C^5H^9O	Адипиниль $C^6H^8O^2$
6) Капроилевой к.	Амиль C^5H^{11}	Капроиль $C^6H^{11}O$	Пимениль $C^7H^{10}O^2$
. . . . .			
17) Маргариновой к.	Цетиль $C^{16}H^{33}$	Маргариль $C^{17}H^{33}O$	? $C^{18}H^{34}O^2$

В приведенном примере гомологические радикалы первого столбца образуют спирты и эфиры, второго столбца — более или менее летучие одноосновные кислоты, третьего — нелетучие двуосновные кислоты.

Понятия Жерара заставили почти всех химиков нашего времени оставить прежнюю теорию, что видно из направления новых трудов. Только гг. Кольбе [54] [1] и Райтсон [2] напали на все пункты теории

[1] Kolbe. Lieb. Ann. XC—46. Chem. Society Quat. Journ. VII—111. Ausführl. Lehrb. d. organisch. Chemie v. Kolbe, 1854. I.

[2] Wrightson. Philos. Mag. (4) VI—88 и 418. Lieb. Ann. XC—36.

Жерара, называя притом ее теориею Виллиамсона. Этот последний [1] своей антикритикой окончательно уничтожил слабые попытки дуалистов. Конечно, многие улучшения ожидают теорию Жерара, но она есть, бесспорно, огромный шаг вперед. [2]

II. Зависимость удельных объемов от удельного веса

§ 17. Из понятия об удельном объеме

$$V = \frac{П}{Д}$$

видно, что он зависит не только от величины пая, эквивалента или веса частицы (П), но и от удельного веса. Изменения в величине П определяются точностью веса паев простых тел и формулою, т. е. взглядом на сходство данного тела с известными уже нам. Гораздо большее и не столь определенное влияние на величину удельного объема оказывают изменения в удельном весе — [55] 1) потому что удельный вес очень изменчив под влиянием температуры и при различных состояниях тела; 2) потому что величины удельного веса суть простые данные опыта, ничем не поверяемые, тогда как точность величины П зависит только от точности паев простых тел. Рассмотрим отдельно изменения в удельном весе твердых, жидких и газообразных тел.

§ 18. Изменения в удельном весе твердых тел зависят от весьма многих причин, и прежде всего от *температуры*. Коэффициент кубического расширения различных твердых тел очень разнообразен, как то показали точными исследованиями над металлами и некоторыми другими телами особенно Копп [3] и Плейфр и Джуль. [4] Сверх того он изменяется для различных температур, как показали опыты Даниеля над металлами. Потому из удельного веса при данной температуре нельзя судить об удельном весе его при другой температуре, если этого не дал опыт. Впрочем, коэффициент кубического расширения и его изменения так [56] незначительны, что при небольшом различии в температурах разность объемов и удельного веса менее влияния других ошибок, потому при настоящем состоянии наших сведений можно пренебречь влиянием температуры. Действительно, наибольший коэффициент кубического расширения, найденный Коппом для серы = 0,000183, а Плейфром и Джулем для нашатыря = 0,000191, т. е. около 0,0002. При таком коэффициенте расширения, разность

---

[1] Williamson. Philos. Mag. (4) VI—204. Chem. Society Quaterly Journ. VII—300. Lieb. Ann. 1854, XCI—201.

[2] О теории Жерара писали, между прочим, Hunt. Sillim. Americ. Journ. (2) IV—100 и 171; Chiozza. Archiv d. scien. phys et natur. Genève. XX—208. Knopp (Centralblatt, 1856) в своих статьях руководствовался также теориею Жерара.

[3] Kopp. 1852. Lieb. Ann. LXXXI—1. Pogg. Ann. LXXXVI—156. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXXIV—338. Fortschritte d. Phys. Berlin, 1852. 1855. Liebig's Annal. XCIII—129.

[4] Playfair and Joule. Chemic. Society Quat. Journ. I—139.

в 1° С изменяет объем на $\frac{1}{5000}$ часть, а разность в 100° С на $\frac{1}{50}$. Обыкновенно разногласие в наблюдениях гораздо более $\frac{1}{50}$, а есть влияния, изменяющие объем даже на $\frac{1}{4}$; потому то мы не можем брать во внимание различия в температурах, при которых наблюдены удельные объемы. Персо, Копп и Шрёдер (§ 50) советовали брать объемы при температуре плавления, но, как увидим после, для этого нет никакого повода и нет никакой выгоды.

§ 19. Наибольшее влияние на удельный вес твердых тел оказывают *форма* и *строение их*. Многочисленные наблюдения показали различие в удельном весе диморфных тел и различных видоизменений аморфного состояния. Это ясно доказано для серы, аррагонита и известкового шпата, углерода, окиси титана, сахара. Приводим несколько примеров изменений удельного веса без изменения состава:

		Δ	Разность уд. веса
[57] Аксинит	Кристаллы	3,3	0,48
	Сплавленный	2,82	
Гранат	Кристаллы	3,6	0,65
	После сплавления	2,95	
Кремнекислота по опытам Девилля [1] и Шафгоча [2]	Горный хрусталь по Девиллю	2,663	1,12
	» » » Шафгочу	2,650	
	Кварц из гранита	2,642	
	» » порфира	2,668	
	Горный хрусталь после сплавления	2,222	
	По другому опыту	2,209	
	Он же в порошке	2,228	
	Кремнекислота, полученная химическим путем и прокаленная	2,20	
	Прокаленные опаловидные минералы	2,30 до 1,54	
Висмут (Девилль)	Кристаллы	9,935	0,258
	После сплавления и быстрого охлаждения	9,677	

[1] Deville. Compt. Rend. Acad. XX – 1453. Pogg. Ann. XCVI—318. L'Institut 1855, № 1109, 114. Archiv d. scien. phys. et natur. 1855, Avril, 324.

[2] Gr. Schaffgotsch. Pogg. Ann. 1846, LXVIII—147.

		Δ	Разность уд. веса
Свинец (Девилль)	Гальваническим путем	11,542	0,317
	После сплавления	11,225	
Олово (Девилль)	Медленно охлажденное	7,373	0,134
	Быстро охлажденное	7,239	
Цинк (Бол.)[1]	Быстро охлажденный после сплавления	7,178	0,069
	Быстро охлажденный после накаливания	7,109	
[58] Медь	Окристаллованная	8,83	0,50
	Сплавленная	8,92	
	Восстановленная водородом	8,42	
Поваренная соль (Девилль)	Кристаллы	2,195	0,069
	После сплавления	2,264	
Корунд (Девилль)	Кристаллы	4,022	0,030
	После сплавл. и быстр. охлажден.	3,992	
Сера	Ромбическая	2,07	0,16
	Моноклиноэдрическая	1,27	
	Бурая	1,96	
	Серный цвет	1,91	
Азотнокисл. барит (Кремерс)[2]	Окристаллован. при 14° С	3,244	0,019
	» » 100° С	3,225	
Сернокислый натр (Кремерс)	Окристаллован. при 60°—70° С.	2,656	0,023
	» » 100° С	2,679	
Барит	Природные кристаллы (Г. Розе)[3]	4,485	0,351
	Искусственные кристаллы (Монросс)[4]	4,179	
	Осадок, сильно прокаленный (Г. Розе)	4,53	
Сернокислая известь	Природные кристаллы (Науманн и Картен)	2,945	0,157
	Искусственные кристаллы (Монросс)	2,969	
	Осадок (Филёль)	3,102	

[1] Bolley. Lieb. Ann. XCII.
[2] Kremers. Pogg. Ann. LXXXV—37.
[3] G. Rose. Pogg. Ann. LXXIII—1.
[4] Monross. Sillim. Americ. Journ. (2) XVI. Journ. f. prakt. Chemie LVIII—55. Lieb. Ann. LXXXII—348.

[59] Вот главнейшие причины разнообразия в удельном весе одного и того же тела. Если прибавим сюда различие по степени чистоты и по обработке, например, чрез кование, сжатие и т. п.,[1] то не будем удивляться значительному разноречию в показаниях удельного веса некоторых тел, хотя бы все наблюдения имели одинаковую достоверность. Какое же из состояний тела должны мы брать во внимание при рассматривании удельного объема? Без сомнения должно изучать все состояния. Но [так] как нет возможности сделать этого, то мы брали для металлов то состояние, в какое они приходят после сплавления и охлаждения, для других тел кристаллическое состояние, а для тех, которые являлись только в каком-либо одном состоянии, брали его при этом, известном нам. Причины такого выбора суть: 1) быстрое или медленное охлаждение и кристаллизация очень мало изменяют удельный вес металлов; 2) что при кристаллизации представляется нам наибольшая правильность в расположении атомов; 3) искусственные и природные и вообще все кристаллы одного и того же тела и одной формы очень мало различаются в удельном весе, как показали опыты Г. Розе,[2] Шафгоча [60] и Шерера для кремнекислоты и корунда; 4) только немногие тела, образующие стекловатые массы, после сплавления значительно изменяют удельный вес, большая же часть других тел и в аморфном состоянии имеют почти тот же удельный вес, как и в кристаллическом, потому мы брали показания и для тел аморфных, если они неизвестны в кристаллическом состоянии. Для тел диморфных мы находили объем обоих изменений; они обыкновенно мало отличаются друг от друга. Для тел, представляющих другие постоянные и определенные изменения (напр., углерод), мы также находили удельный объем каждого видоизменения.

§ 20. *Точность* обыкновенных наблюдений удельного веса твердых тел очень незначительна. При гидростатическом определении наибольшее влияние на точность наблюдения имеют следующие обстоятельства. 1) Изменение удельного веса употребляемой воды как по различию температуры ее, так и по содержанию в ней воздуха, чем в большей части случаев пренебрегают, употребляя дистиллированную, долго стоявшую воду (ее должно пред употреблением прокипятить). 2) Трудность движения тела, погруженного в воду, от чего зависит малая точность взвешивания тела в воде. Особенно чувствителен этот недостаток при взвешивании порошка в плоском сосуде (на часовом стекле, как это делают часто), движению которого оказывает вода очень зна[61]чительное сопротивление. Для устранения этого Шерер[3] устроил особый, сверху и снизу конический, сосуд, в котором производится взвешивание порошка в воде. 3) Влияние волосности на волосок, которым прикрепляется сосуд, погруженный в воду, или самое тело к чашке весов. Для уменьшения этого влияния

[1] Wertheim (Pogg. Ann. Ergänz.-Bd. II—55) показал, что удельный вес проволоки бывает для одних металлов более удельного веса сплавленного металла, для других менее или почти равен.

[2] H. Rose. Pogg. Ann. 1848, LXXIV—429.

[3] Scheerer. Pogg. Ann. 1846, LXXVII—120.

Шерер советовал привешивать тела на один волосок, а не на два, как это делается обыкновенно. 4) Притяжение или отталкивание употребляемой жидкости к поверхности взвешиваемого тела, от чего жидкость сгущается или разрежается и тело показывает меньший или больший удельный вес, будучи окружено слоем более или менее плотной жидкости. Влияние этого обстоятельства особенно очевидно для тел, взятых в порошке, потому что они имеют, сравнительно с весом, очень значительную поверхность. Это доказано было опытами Г. Розе [1] и заставляет предпочитать определение удельного веса больших кристаллов. Бедан [2] видел разность в удельном весе больших и малых кристаллов и приписывал это воздуху или пустоте, на[62]ходящимся в больших кристаллах, от чего советовал брать порошок или малые кристаллы, но опыты Розе показали несправедливость этого. 5) Кроме того, влияние неточности весов изменяет удельный вес и тем более ощутительно, что способ двойного взвешивания очень неудобно прилагается здесь.

Гидростатический способ определения употребляется в наибольшей части случаев, но для тел, легко растворимых во многих жидкостях, для тел очень легких и пористых способ этот очень неудобен и неточен; а потому его давно старались заменить каким-либо другим. С наибольшим успехом служили для этого волюменометры, особенно приборы Коппа [3] и Реньо, [4] началом для которых служил прибор Сэ. [5] Грасси, [6] посредством волюменометра Реньо, сделал несколько определений удельного веса, но полученные им результаты часто несогласны с истинными числами. Причину этого должно искать в притяжении воздуха к поверхности тел, особенно пористых и порошковатых, для которых предложен был прибор. Так показания волюменометра дали для всех почти сортов деревь[63]ев удельный вес больший, чем 1. Напр. удельный вес дубового дерева=1,505, губки 1,921, волос 1,792. Плавание дерева по воде изъясняли тем, что в порах остается воздух, делающий дерево легчайшим; но воздух, сгущенный в тех же самых порах (подобно тому, как он сгущается в губчатой платине и угле), очевидно должен изменять показания волюменометра. Этот прибор, говоря вообще, для определения удельного веса не принес пока ожидаемой от него пользы.

Способ ареометров не может быть употреблен для определения удельного веса твердых тел по своей незначительной точности.

Способ, [7] состоящий в определении веса (вытесненной) воды, вытекающей из сосуда (при погружении тела) чрез сифон, неподвижно прикрепленный к нему, имеет весьма много практических достоинств

[1] G. Rose. Über d. Fehler in Bestimm. d. spec. Gew. d. Körp. Pogg. Ann. 1848, LXXV—403, LXXIII—1. Еще гораздо прежде указали это Боме (Baumé. Opus Chem., 37) и Robin (Philosoph. Chimique, 1842, I, 42).

[2] Beudant. Ann. de Chim. et Phys. (1), 1828, XXXVIII—392.

[3] Kopp. Ann. de Chim. et Phys. (3) VI—380.

[4] Regnault. Ibid. (3) XIV—207.

[5] Say. Ibid. (1) XXIII—1. Gilbert. Ann. II—230. В волюменометрах определяется объем воздуха, вытесненного телом.

[6] Grassi. Liebig's Jahresbericht. 1847/48—39.

[7] Мейер. Новый способ определения удельного веса. С.-Петербург. 1855.

и может быть со временем применен к точным определениям, особенно в тех случаях, когда должно или можно употребить большие массы тела. В последнем случае малые неточности, особенно влияние волосности, уничтожаются; но способ определения не затруднителен, тогда как при гидростатическом взвешивании употребление больших масс весьма неудобно.

[64] Совокупивши все сказанное об удельном весе твердых тел, видим, с какою осторожностию должны мы пользоваться этим данным для определения удельного объема. Только при особенно точных и многочисленных наблюдениях, удельный объем твердого тела может служить прочною опорою для теоретических выводов, иначе мы не в состоянии будем отличать ошибки нашего теоретического взгляда от ошибок наблюдения. Об выборе удельного веса из ряда наблюдений мы скажем далее, заметим теперь, что большую часть данных для удельного веса твердых тел, приведенных в 3-й таблице, мы заимствовали от Карстена, [1] Герапата, [2] Буле, [3] Фильоля, [4] Плейфра и Джуля, [5] из различных статей Коппа и Шрёдера и из годовых отчетов по Химии Берцелиуса и Либиха.

§ 21. Если сравним удельный вес одного и того же тела в твердом и жидком состоянии, то увидим иногда весьма значительные изменения [65] его в моменте перехода из одного состояния в другое. Это ясно показали многочисленные исследования изменения удельного веса воды при замерзании. Новые исследования Коппа [6] и Биле [7] дали несколько довольно точных сведений для других легкоплавких тел, а Даниель [8] и Плейфр и Джуль [9] старались узнать удельный вес тугоплавких соединений до сплавления и после него. Способы, употребляемые для этого, были часто очень неудовлетворительны: так Даниель наблюдал коэффициент расширения, Плейфр и Джуль количество жидкого металла, оставшееся в сосуде известной вместимости. Показания Коппа отчасти противоречат Биле; потому этот важный для исследования удельных объемов вопрос должно считать еще далеко нерешенным. Причиною всему служит трудность наблюдения быстро изменяющегося удельного веса и притом в различных состояниях тела. Лучший способ, употребленный Коппом и Биле, состоит [66] в наблюдении коэффициента расширения или нескольких удель-

---

[1] Karsten. Dove Repetorium d. Phys. I—136.
[2] Herapath. Berzelius Jahresbericht. V—52.
[3] Boullay. Ann. d. Chim. et Phys. (1) XLIII—266.
[4] Filhöl. Ibid. (3) XXI—415.
[5] Playfair and Joule. Memoire and Proceedings of Chemic. Society of London. II—401, III—57. Там, где в таблицах стоит Playfair and Joule (2), числа взяты из их другой статьи (Chemic. Society Quat. Journ. 1—121) Liebig's Jahresbericht 1847/48—57.
[6] Kopp. Ueber die Volumänderungen einiger Substanzen bei Erwärmen und Schmelzen. 1855. Lieb. Ann. XCIII—129. L'Institut 1855, № 1125, Archiv d. Scien. Phys. et natur. Gen. 1855. Avril, 330.
[7] Billet. L'Institut 1855, № 1129.
[8] Daniell. G. Karsten Lehrgang d. mechanisch. Naturlehre, 1851, III—36.
[9] Playfair and Joule. Memoirs and Proceedings of the Chemic. Society of London. III—57.

ных весов как в жидкости, так и в твердом состоянии близ температуры плавления, и вычислении по этим данным удельного веса при температуре плавления. Вот несколько примеров.

Иод по исследованиям Биле. Δ при 40°,3=4,9173, при 60°=4,886, при 79°,6=4,857, при 89°,8=4,841. Откуда удельный вес твердого иода при температуре плавления, т. е. при 107°=4,825. Удельный вес жидкого иода при 170°=3,796, при 151°,0=3,866, при 133°,5=3,918, при 124°,3=3,944, при 111°,3=3,988 и при температуре плавления 107°=4,004. Итак абсолютная разность удельного веса при переходе из жидкого состояния в твердое равна 0,821, а относительная 0,186.

Из наблюдений Коппа следует, что если объем *фосфора* при 0°=1, то при 10° он равен 1,0038, при 20°=1,0077, при 40°=1,0153, а при температуре плавления, т. е. 44°=1,0167. Объем жидкого или расплавленного фосфора при той же температуре плавления равен 1,0517.

Для *серы*, если обозначим объем при 0° чрез 1, то при 10°=1,0013, при 30°=1,0051, при 60°=1,0127, при 80°=1,0179, при 90°=1,0203, при 100°=1,0374, при 120°=1,1530 (жидк.), при 150°=1,1688. При температуре плавления 115° объем твердой серы =1,0956 (Δ=1,888), а жидкой 1,1504 (Δ=1,798). (Копп).

[67] *Водный хлористый кальций* $\left.\begin{matrix}\mathrm{Ca}\\ \mathrm{Cl}\end{matrix}\right\} + 3\mathrm{H^2O}$ имеет при температуре плавления, т. е. 29° С, в твердом состоянии объем 1,02 (Δ=1,587), а в жидком 1,1184 (Δ=1,446), если при 0° объем =1 (Копп).

Удельный вес льда при 0°=0,918, если воды при 0°=1.

Такие быстрые изменения в удельном весе при переходе из одного состояния в другое происходят, вероятно, от начала кристаллического расположения. Это тем справедливее, что исследования Франкенгейма показали кристаллическое (хотя и микроскопическое) строение во всех почти телах, и притом всегда аморфное видоизменение имеет иной удельный вес, чем кристаллическое, что особенно ясно для кварца. Дана [1] именно полагает, что при переходе из жидкого в твердое состояние всегда есть следы кристаллизации.

§ 22. Удельный вес жидких тел подлежит меньшим изменениям и наблюдается с большею точностию, чем удельный вес твердых тел. Особенно большую точность представляет способ, предложенный Реньо [2] и употребленный им для [68] определения удельного веса ртути.

---

[1] Dana. Americ. Journ. (2) IV—264.

[2] Regnault. Annal. d. Chim. et Phys. (3) IX—338, XIV—336. Этот способ определения удельного веса жидкости при 0° состоит в следующем. 1) Узнают P вес сухой склянки, имеющей воронкообразное горло с чертою (m) на узком месте горла. 2) Наполняют склянку и вороночку дистиллированной водою, кипятят ее и по охлаждении ставят в сосуд с тающим льдом. Когда вся вода охладится до 0°, выбирают часть воды пропускною бумагою или пипеткою так, чтобы уровень воды приходился на черте (m), вынимают из льда и, осушив внешнюю поверхность склянки (полотном, а не бумажною материею), определяют вес P′. 3) Точно так же ставят ту же склянку в лед и наливают испытуемою жидкостию, а по охлаждении оставляют ее до черты (m) и, взвешивая, находят вес P″.

$$\Delta = \frac{P'' - P}{P' - P}.$$

Зато жидкости имеют довольно значительный коэффициент расширения, и потому влияние температуры на изменение их удельного веса довольно значительно и значительно превышает доступную точность и вероятность наблюдения, чего нет для твердых тел. Впрочем, изменение объема жидкостей от нагревания наблюдается довольно легко и точно, особенно с тех пор, как исследования Дюлонга и Пти и особенно Реньо определили истинный коэффициент расширения ртути и тем дали простой способ определять коэффициент расширения сосуда, употребляемого для опытов. Гей Люссак, [1] Копп, [2] [69] Пиерр, [3] Франкенгейм, [4] Дельффс [5] исследовали удельный вес и изменение объема многих жидких химических соединений, и если некоторые опыты этих ученых разноречат, то тому причину легко отыскать в неточности некоторых методов и в нечистоте употребленных для опыта тел.

Персо, Шрёдер, Копп, Авогадро и Лёвиг (§ 49) советовали для сравнения удельных объемов брать их при температуре кипения. В прошлогоднем своем сочинении об удельных объемах [6] Копп собрал все известные ему точные наблюдения над удельным весом жидких тел при температуре кипения. Приводим показания этого ученого в нашей таблице, но сами по изложенным ниже (§ 49) причинам берем объем жидких тел при обыкновенной температуре. Способ выбора показаний удельного веса из нескольких данных изложен в 25 §.

§ 23. Об удельном весе газов и паров мы знаем гораздо более, чем об удельном весе твердых и жидких тел как потому, что иссле[70]дованием его занимались многие из ученейших физиков и химиков, так и потому, что законы изменения удельного веса газов гораздо проще, чем у тел твердых и жидких.

Долго полагали, что закон Мариотта и Бойля (Boyle) совершенно верен для всех газов, т. е.

$$V:V'=P':P,$$

где V и V′ суть объемы и P и P′ давления, претерпеваемые газом. Отсюда

$$\frac{V \cdot P}{V' \cdot P'} = 1$$

Эрштедт и Свенсен (1826), Депре и Пулье показали, что сернистая кислота, синерод, серноводород и некоторые другие газы, легко превращающиеся в жидкость, не строго повинуются этому закону. Реньо (1846) доказал, что и все постоянные газы, которые мы не могли пре-

---

[1] Gay Lussac. Ann. de Chim. et Phys. (1) II—130.

[2] Kopp. 1846 и 1847. Pogg. Ann. LXXII—1 и 223. Liebig's Ann. LXIV—212. 1855. Liebig's Ann. XCIV—257. Untersuchungen über das spec. Gew., die Ausdehnung durch Wärme und den Siedpunkt einiger Flüssigkeiten.

[3] Pierre. 1845—1851. Annal. de Chim. et Phys. (3) XV—325, XIX—193, XX—5, XXI—336, XXXI—118, XXXIII—199. Liebig's Ann. LXI—139, LXIV—160. Liebig's u. Kopp Jahresber. 1847/48—69.

[4] Frankenheim. Pogg. Ann. LXXII—422 LXXXVI—451. Ann. d. Chimie et Phys. (3) XXXVII—74.

[5] Delffs. Liebig's Ann. XCII—277.

[6] Kopp. Liebig's Ann. 1855. XCVI—1, 153 и 303.

вратить в жидкость ни высоким давлением, ни усиленным холодом, в строгом смысле не подчинены закону Мариотта. Это особенно ясно для углекислоты, которую, как известно, удалось уже получить не только в жидком, но и в твердом состоянии. Потому

$$\frac{V \cdot P}{V' \cdot P'} \gtrless 1,$$

а не равно ей. Так, например, чтоб сжать воздух в 20 раз, если он был под давлением P, нужно не $20 \times P$, но только $19{,}72 \times P$, для азота $19{,}70 \times P$, для углекислоты $16{,}71 \times P$, для водорода $20{,}27 \times P$.

[71] Наттерер [1] в 1854 году показал, что при высоких давлениях закон Мариотта вовсе неверен:

Под давлением атмосфер	Объем водорода	Объем кислорода	Объем азота	Объем воздуха	Объем окиси углерода
50	50	50	50	50	50
100	98	100	99	100	100
500	396	439	380	396	412
1000	623	595	519	527	544
1500	776	—	590	607	617
2500	977	—	684	704	708
2790	1008	—	705	726	727

Эти открытия соединили газы и пары в один ряд газообразных тел, находящихся в большем или меньшем отдалении от точки кипения. Пар есть газ, близкий к точке кипения, и потому, при известной незначительной температуре и давлении, легко переходящий в жидкость. Отличие паров и газов есть только количественное, а не качественное, как думали прежде. Это утверждается всеми другими исследованиями и потому заставляет соединить вместе изучение газов и паров.

Изменение их от влияния температуры долгое время также считалось совершенно равномерным; полагали, что все газы при нагревании на 1° С изменяют свой объем на m (постоянный коэффициент расширения), т. е. [72]

$$\frac{\Delta^t}{\Delta^k} = \frac{1 + mt}{1 + mk}.$$

Это и есть закон Дальтона и Гей Люссака. Исследования Реньо и Магнуса показали, что и этот закон не имеет такой общности, какую придали ему. Они показали, что m постоянно для (всех температур) каждого газа, но изменяется с изменением состава газа. По исследованиям Реньо (1842 и 1845) m=0,003667 для воздуха, 0,003659 для водорода, 0,003719 для углекислоты, 0,003868 для сернистой кислоты, 0,003669 для окиси углерода, 0,003720 для закиси азота, 0,003677 для синерода. Исследования Каура, Авогадро и Фарадея

[1] Natterer. Wien. Acad. Berich. XII—199. Pogg. Ann. XCIV—436. Lieb. Jahresber. 1854.

показали, что этот закон несправедлив и для паров, что m изменяется для одного известного пара и весьма значительно при температурах, близких к температуре кипения. Потому должно полагать, что и для газов величина m изменчива не только по составу газа, но и по различию температур, т. е. разность объемов углекислоты, например, при температурах 350° и 400° не равна разности при температурах — 50° и 0°, только наблюдения не указали этой разности по малости ее. В этом отношении особенно замечательны работы Каура, [1] показавшие, что для уксусной кислоты [73] между 117° (точка кипения) и 120° С коэффициент расширения паров значительно изменяется и не согласуется с коэффициентом расширения других газов. Это ясно видно из неодинаковости удельного веса паров уксусной кислоты при различных температурах; потому что удельный вес газа есть отношение веса равных объемов газа и воздуха, взятых при равном давлении и при одинаковых температурах. Удельный вес водорода при всех температурах будет почти совершенно один и тот же, потому что m для воздуха и водорода почти одинаков. Для уксусной кислоты, анизоля и масляной кислоты приводим опыты Каура. Из них видно, что при некотором отдалении от точки кипения Дальтонов закон становится справедливым и для указанных нами тел, как справедлив он для газов, т. е. по крайней мере в пределах возможных ошибок.

Удельный вес паров уксусной кислоты по опытам Каура

при	125°	3,180
	140°	2,90
	145°	2,75
	150°	2,727
	152°	2,72
	160°	2,48
	180°	2,438
	190°	2,30
	200°	2,248
[74]	219°	2,17
	231°	2,12
	240°	2,090
	270°	2,088
	300°	2,086
	310°	2,085
	320°	2,083
	336°	2,083

Удельный вес паров анизоля по наблюдениям Каура

при	245°	5,98
	260°	5,73
	270°	5,64
	325°	5,22
	338°	5,19

[1] Cahours. Compt. Rend. hebd. scienc. d. Acad. XIX—768, XX—51, XXI—625. Pogg. Ann. LXIII—523, LXV—420 и LXVII—137.

Удельный вес паров масляной кислоты по опытам Каура

при 177°	3,68
208°	3,44
228°	3,22
249°	3,10
201°	3,07
290°	3,07
310°	3,07
330°	3,07

На основании этих наблюдений видно, что удельный вес паров должен быть наблюдаем при температуре, довольно далеко отстоящей от температуры кипения, то есть тогда, когда пар становится почти газом и почти повинуется законам Мариотта и [75] Дальтона. Назовем температуры (при постоянном давлении атмосферы), в которых опыт с ясностию показал значительные отступления от законов Мариотта и Дальтона, *температурами неправильностей*. Предел температуры неправильностей для паров уксусной кислоты есть +320, для масляной +260° С. По недостатку строгих опытов мы не знаем, все ли тела имеют подобные температуры неправильностей и где их предел. Все газы находятся при температурах, высших чем температуры неправильностей, потому для них, в пределах небольшой точности опыта, закон Дальтона справедлив. Если в вычислениях, не требующих особенно большой точности, мы пользуемся законами Мариотта и Дальтона, то должны помнить, что пары подлежат им только вне температуры неправильностей. Вот прямое следствие важного открытия Каура, открытия, вызванного Жераром признанной теориею удельного объема паров (§ 30). Все неправильности, ясно замечаемые при расширении твердых и жидких тел, ясно заметны и в парах в пределах температур неправильностей. Большое сходство парообразного и жидкого состояний тела показал опыт Каньяр-де-ла-Тура (Cagnard de la Tour): половину толстой стеклянной трубки он налил эфиром, запаял открытый конец и нагрел герметически закрытую трубку до 160° С. Тогда весь эфир превратился в пар, т. е. объем пара только в два раза превышал объ[76]ем жидкости. Все эти факты сближают три состояния тела, показывают, что правильность в изменениях газа есть только кажущаяся, трудно наблюдаемая, что все тела, в строгом смысле, не подчинены ни Мариоттову, ни Дальтонову законам — для твердых, жидких и парообразных (в пределах темп. неправ.) тел это очень ясно, а для газов открывается только при тщательных наблюдениях. Если мягкое состояние воска, ковкое состояние железа и мягкость калия служат переходом из твердого состояния в жидкое, то состояние паров в температурах неправильностей есть переходное между газом и жидкостью.

Определение удельного веса паров и газов состоит в сравнении веса известного объема паров с весом того же объема воздуха, при равных давлениях и температурах. По несовершенной точности законов Мариотта и Дальтона этот способ неправилен, но он представляет

весьма много удобств и имеет значительную верность сравнительно с верностию наблюдений, а потому постоянно и употребляется. Способ Гей Люссака [1] состоит: 1) в определении объема паров известного по весу количества тела, при известных температуре и давлении, и 2) в сравнении этого веса с весом воздуха того же объ[77]ема и температуры и под тем же давлением. Этот способ имеет много неудобств, особенно для тел, температура кипения которых выше 100°. Способ Дюма, [2] — одно из прекраснейших открытий нашего времени — состоит: 1) в определении веса известного объема газа при данных температуре и давлении и 2) в сравнении его с весом воздуха того же объема, при той же температуре и при том же давлении. Поггендорф [3] дал легкие формулы для вычисления удельного веса по данным опыта. Дюма и Буссенго [4] и особенно Реньо [5] определили ошибки, а Реньо дал превосходный способ, которым избегается большая часть их. Все это дало [78] возможность, особенно при легкости способа Дюма, определить удельный вес паров весьма многих соединений и дает надежду на возможность и легкость точнейших определений, особенно когда весы будут еще более усовершенствованы. Упомянем здесь еще о способе Маршана, [6] определявшего вес газа, занимавшего известный объем (при данной температуре и давлении), чрез прибыль в весе жидкости, поглотившей весь этот газ, и сравнивая эту прибыль с весом воздуха при тех же условиях, при каких был газ. Так он определил удельный вес углекислоты, сернистой кислоты и других газов, и притом с большою точностию, что дает его способу много преимуществ, особенно потому, что здесь можно брать произвольно-большое количество газа или пара.

§ 24. Все сказанное нами ясно показывает, что изучению удельных объемов должно предшествовать строгое изучение изменений удельного веса. Копп, много занимавшийся удельными объемами, сделал весьма значительное число исследоьаний изменения объемов. Тому же пути следовали некоторые другие, но все-таки мы имеем очень мало полных и точных сведений. Вода и немногие другие тела изучены во всех трех состояниях. Берем для [79] примера изменение объема воды и ртути при различных состояниях и температурах.

---

[1] Gay Lussac. Ann. de Chim. et Phys. (1) II—135.

[2] Dumas. 1826. ibid. (1) XXXIII—337. Pogg. Ann. IX—293. Описание способа Дюма находится в большей части руководств, между прочим у Graham — Otto, Lehrbuch d. Chem. I—317. H. Rose. Analytisch. Chem. II. Gerhardt. Chimie organique I. Liebig. Organ. Analys. Lieb. Pogg. и Wöhler. Handwörterbuch etc.

[3] Poggendorff. Pogg. Ann. 1837. XLI—449. Handwörterbuch. Lieb. Pogg. und Wöhler. II—478.

[4] Dumas et Boussingault. Ann. de Chim. et Phys. (3) III—270, VIII—201.

[5] Regnault. 1845. ibid. (3) XIV—211. Pogg. Ann. LXXIV—202. Главные неточности предшествовавших наблюдений были избегнуты Реньо посредством уравновешивания сосуда с газом не гирями, но другим сосудом, имеющим такой же почти вес и совершенно равный внешний объем.

[6] Marchand. Journal f. prakt. Chemie XLIV—38. Lieb. Ann. LXVIII—2 2.

Удельный объем воды в различных состояниях ее, полагая удельный вес ее при 0° = 1		Удельный объем воды в различных состояниях ее, полагая удельный объем воды при 0° = 1		
— 30° С	123,139			1,0946
— 20°	123,305			1,0960
— 10°	123,472	В твердом состоянии [1]		1,0975
— 5°	123,555			1,0983
0°	123,638	112,500	1,0000	1,0990
+ 4°		112,488	0,99989	
+ 10°		112,515	1,00013	
+ 20°		112,766	В жидком состоянии [2] 1,00156	
+ 50°		113,843	1,0119	
+ 75°		115,370	1,0275	
+ 100°	186,369	117,37	1,043	1656
+ 125°	198,870			1768
+ 150°	211,371	В парообразном состоянии [3]		1879
+ 200°	236,373			2101
+ 300°	286,368			2549

[80] Удельный объем ртути в различных состояниях ее, принимая удельный объем при 0° = 1

Твердая ртуть при	— 40° С	0,927
Жидкая » »	— 20°	0,9964
» » »	— 10°	0,9982
» » »	0°	1,0000
» » »	+ 10°	1,0018
» » »	+ 50°	1,0090
» » »	+ 100°	1,01825
» » »	+ 150°	1,0274
» » »	+ 300°	1,0560
» » (при точке кипения)	+ 360°	1,0675
Парообразная ртуть при	+ 360°	3484
» » »	+ 500°	4255

Так как число хорошо исследованных тел очень мало, то мы, не вдаваясь в исследование незначительных изменений, должны разделить изучение газообразных и негазообразных тел, потому что объемы тех и других весьма значительно различаются друг от друга, и притом объемы газов подлежат более простым, хотя и приближенным законам, чего нет для тел твердых и жидких.

[1] Полагая удельный вес льда при 0° = 0,918 и коэффициент расширения 0,0001347. Смотри таблицу № 3.

[2] По исследованиям Депре, Галльштрбма и Коппа.

[3] Полагая, что вес литра воздуха = 1°,293187, как показал Реньо (1845), и что пары, как воздух, повинуясь закону Дальтона, имеют коэффициент расширения = 0,003667.

Изучение объема обоих последних тел мы соединяем вместе, с одной стороны, потому, что для данного тела объемы в жидком и твердом состоя[81]ниях мало различаются, с другой стороны и потому, что удельный вес большей части тел наблюден только в одном их состоянии. Но, прибавим еще раз, совсем иной способ изучения должен будет существовать, когда строгие исследования позволят знать все изменения объема тела.

§ 25. Недостаток в точности наблюдений мы старались, до некоторой степени, вознаградить количеством собранных показаний, для того, чтобы иметь возможность поверять себя множеством фактов. Вот правила, которыми мы руководствовались при выборе принятого нами удельного веса из целого ряда показаний.

1) Если имелось одно только показание удельного веса, мы брали его без изменения.

2) Если есть несколько разноречащих показаний и притом способ определения всех их для нас представляет одинаковую вероятность, то мы брали среднее арифметическое из всех этих показаний. Много возражений могут представить на это, но нас убедили в принятии этого способа, с одной стороны, невозможность дать предпочтение одному данному пред другим, а, с другой стороны, опыт, показавший, что среднее число почти всегда очень близко к точному наблюдению, если оно известно. Так, например, удельный вес льда при 0° по новым наблюдениям Плейфра и Джуля = 0,9184, а по наблюдениям Бруннера = 0,9180, среднее же из 12 известных мне [82] наблюдений есть 0,918. Удельный вес кислорода по точным опытам Реньо = 1,10564, а среднее из 12 известных мне наблюдений есть 1,1043 — число, гораздо более близкое к действительному, чем числа, найденные Берцелиусом и Дюлонгом, Био и Араго. Среднее из 6 наблюдений удельного веса хлора есть 2,475, а опыты Гей Люссака, едва ли впрочем вполне точные, дали 2,423. Среднее из 20 наблюдений удельного веса глинозема есть 3,95, а Г. Розе для рубина дает точное число 3,99.

3) Когда среди нескольких показаний опыта есть по крайней мере два показания, довольно близкие между собой, из которых способ наблюдения, хотя одного, известен мне, то принято во внимание среднее из этих двух согласных показаний, но и то только тогда, если другие показания с ними несогласны и друг другу противоречат. Те показания, которые не взяты в расчет, обозначены звездочкою *, стоящею впереди их. Например, для сулемы $HgCl^2$: 5,40 Karsten, 5,420 Boullay, 5,14 Gmelin, *6,223 Playfair and Joule — мы берем среднее 5,32. Потому для кремнекислоты мы взяли числа Шафгоча и Шеерера.

4) Из целого ряда наблюдений мы брали только одно лишь тогда, когда взятое число незначительно, но отличается от других, более точных наблюдений, и когда точность способа наблюдения взятого нами числа нам хорошо известна, когда и о чистоте про[83]дукта мы не могли иметь ни малейшего сомнения. Так приняли мы одни последние наблюдения Реньо над удельным весом кислорода, водорода, углекислоты и азота. Для удельного веса хрома мы взяли показания Бунзена (7,01), потому что он первый получил чистый хром.

Числа, не принятые во внимание, и здесь обозначались звездочкою.

5) Уже выше сказали мы, что влияние температуры не могли взять в соображение по недостатку точных опытов. Потому удельный вес паров и газов приняли мы (как и всегда принимают, хотя это и не вполне точно) по отношению к воздуху, несмотря на различие температур, при которых произведены наблюдения, только не брали тех случаев, когда нам было известно, что наблюдение произведено в пределах температур неправильностей (§ 23). Из наблюдений над удельным весом твердых и жидких тел мы брали во внимание все, разность температур наблюдения которых была не более 30° С. Но, прибавим еще раз, в тех случаях, когда нам известны [были] точные наблюдения над изменением удельного веса или объема, мы приводили эти наблюдения и не смешивали удельного веса тела при 0° с удельным весом при 20°, что мы делали только при недостатке точных наблюдений. Когда нам известны были наблюдения над удельным весом при различных состояниях тела, мы приводили эти наблюдения, равно как и температуры плавления и ки[84]пения и коэффициент кубического расширения, как данные, могущие служить при исследовании изменений объема.

§ 26. Для твердых и жидких тел в удельном весе ограничивались мы первыми двумя десятичными, а в удельном объеме одними только целыми числами; для газов в удельном весе брали до 3-х десятичных, а в объемах до 2-х, потому что большей точности обыкновенно наблюдения никогда не достигают. Для тел наиболее легких или таких, удельный объем которых мал, мы брали и большее число десятичных, что делали также и тогда, когда нам известны были очень точные наблюдения.

Те правила (§ 25), которые руководили нами при оценке наблюдений удельного веса, служили нам и при выборе из наблюдений величины пая (табл. 1). Паи взяты по сравнению со 100 частями кислорода для того, чтобы целые числа удельных объемов вышли довольно большими, что нагляднее для сравнения и не прикрывает ошибок теории кажущеюся близостию найденных величин.

Вероятность приведенных в наших таблицах чисел удельного объема очень изменчива. Есть случаи, где она очень мала, например, для удельных объемов бария, жидкого синерода, сернистой платины и др. Причин тому очень много: нечистота продукта, неточность и малочисленность наблюдений суть главнейшие.

[85] После всех этих предварительных соображений о числителе и знаменателе второй части уравнения

$$V = \frac{\Pi}{\Delta}$$

рассмотрим удельные объемы газообразных и негазообразных тел, руководствуясь данными, изложенными во второй и третьей таблицах. Простота и ясность главных законов изменения удельн. объема газов позволили значительно сократить исследование их. При рассмотрении же удельных объемов твердых и жидких тел, мы должны были общей теории их предпослать историко-критическое исследование,

ибо в этом довольно новом деле многое понималось ложно и, среди многих противоречий, только иногда появлялись трудно добываемые простые истины.

III. Удельные объемы газообразных тел

§ 27. Открытия Гей Люссака [1] внесли в науку весьма важный закон химии: объемы соединяющихся [86] и происходящих газообразных тел всегда находятся в простом отношении друг к другу. Это найдено было французским ученым из прямых опытов, после того как исследования Гумбольдта и Гей Люссака (1805 г.) показали, что для образования воды необходимы два объема водорода и один объем кислорода. В настоящее время мы можем выразить закон Гей Люссака так: *удель-*

---

[1] За недостатком материалов мы не излагали полной истории учения об удельных объемах газов, тем более, что эта история требует весьма тщательных исследований, потому что она тесно связана с историею всей теоретической Химии нового времени.

Вот известные мне указания для этой истории:

Gay Lussac. Sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres. Mémoires Société d'Arcueil II, 1809.

Gay Lussac. Ann. de Chimie XCI—17, XCV—150; Ann. d. Chim. et Phys. (1) I (1816) — 218, II—135, XXI—143. Gilbert's Annal. XXXVI—6, XL—332; Gehler's Journ. f. Chem. u. Phys. IX—203.

Gay Lussac et Thénard. Recherches physico-chimiques I—191, II—125.

Thénard. Mémoires Société d'Arcueil, I—121.

Ampère. Annal. d. Mines, 1814. Он изложил здесь мнение о том, что равные объемы газов содержат равное количество атомов. Тот же предмет рассматривал Avogadro, 1811. Journ. de Physique, Juillet, также Bullet. d. scien. d. Ferrussac, 1814.

Ampère. Ann. d. Chimie, XC—43; Ann. d. Chim. et Phys. (1) LVIII—432.

Thomson. Bibliot. britann. LV—114.

I. Davy. Philos. Transact. 1812.

Biot et Arago. L'Institut, 1806, 320.

Prout. Его знаменитая (сперва анонимная) статья о кратности удельного веса и пая всех простых тел с паем и удельн. весом водорода (On the relations between the specific gravities of bodies etc.) была помещена в Thomsons Ann. of Philosophy, 1815, VI—321 и переведена в Ann. d. Chim. et Phys. (1) 1816, I—40.

Munecke. Schweig. Journ. XXII—137.

Despretz. Ann. de Chim. et Phys. (1) 1812, XXI—143.

Berzelius et Dulong. Ann. d. Chim. et Phys. (1) 1820, XV—386.

Dumas. Sur quelques points de la théorie atomistique, 1826. Ann. d. Chim. et Phys. (1) XXXIII—337. Pogg. Ann. IX—293. В этом мемоаре Дюма предложил свой способ определения удельного веса газов и приложил его к многим телам.

Dumas. Об удельн. весе паров фосфора и серы (1832). Ann. d. Chim. et Phys. (1) XLIX—219, L—170; Pogg. Ann. 396. Также Ann. d. Chim. et Phys. (1) XLIV—288.

Dumas et Boussingault. Об удельн. весе газообразных простых тел. Ann. d. Chim. et Phys. (3) III—270, VIII—201; Journ. f. pract. Chem. XXIV—71.

Mitscherlich. Ueber das Verhältnis d. spec. Gew. der Gasarten zu den chemisch. Proportion. 1833. Pogg. Ann. XXIX—193. Содержит много фактов.

A. Bineau. Recherches sur la densité des vapeurs, 1838. Ann. d. Chim. et Phys. (1) LXVIII—416, LXX—263; (3) XVIII—296.

Regnault. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIV—211. Pogg. Ann. LXXIV—202.

Poggendorff. Lieb. Wöhl. und Pogg. Handwörterbuch d. Chemie II—478, где собраны многие данные.

ные объемы всех газов и паров, при равных температурах и давлениях, находятся в простом отношении друг к другу. Этот закон не подлежит исключениям, если объем паров сравниваем вне температур неправильностей. Только и здесь, как для законов Мариотта и Дальтона, должно ограничиться одним приближе[87]нием, а не требовать совершенной точности. Возьмем несколько примеров. Для удобности сравнения мы всегда делили удельный объем газа, т. е. $\frac{\Pi}{\Delta}$, на объем пая кислорода, т. е. на $\frac{100}{1,10564}$, потому удельный объем газа

$$V = \frac{\frac{\Pi}{\Delta}}{\frac{100}{1,10564}} = \frac{\Pi}{\Delta} \times 0,0110564$$

или удельный объем $V = \frac{\Pi}{\Delta} \cdot K$, где $K = 0,0110564$.

Это показывает, что мы называем удельным объемом газа объем его, выражая объем пая кислорода $\left(\frac{1}{K}\right)$ чрез единицу.

[88] Для кислорода (O) $V = \frac{100}{\Delta} \cdot K = 1,000$ . . . . . 1.

Для водорода (H) $V = \frac{6,25}{0,06926} \cdot K = 0,9977$. Почти 1.

Для фосфора (P) $V = \frac{195}{4,45} \cdot K = 0,4844$. Почти $\frac{1}{2}$.

Для серы (S) $V = \frac{200}{6,62} \cdot K = 0,3340$. Почти $\frac{1}{3}$.

Для углекислоты (CO^2) $V = \frac{275}{1,5291} \cdot K = 1,9884$. Почти 2.

Для эфира $\left(\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O)$ $V = \frac{462,5}{2,586} \cdot K = 1,9774$. Почти 2.

Для алькооля $\left(\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O)$ $V = \frac{287,5}{1,613} \cdot K = 1,9704$. Почти 2.

Для окиси азота (NO) $V = \frac{187,5}{1,09} \cdot K = 1,9015$. Почти 2.

[89] § 28. По теории Жерара, объем частицы всех сложных тел принимается равным двум, т. е. $\frac{П}{Δ} \cdot K = 2$.[1] То же самое мы распространим и на простые тела, потому что, по нашим понятиям, простое тело отличается от сложного только тем, что все его атомы, образующие частицу, одинакового состава, на сколько то нам известно; а для сложного тела атомы имеют различный состав. Принимая это правило, частица кислорода будет O^2, водорода H^2, фосфора P^4, серы S^6. Итак, *объем частицы газообразного тела, простого и сложного, равен двум.*

$$\frac{П}{Δ} \times K = 2.$$

Назовем такой объем двуобъемным, частицу двуобъемною и вес ее (П) весом двуобъемной частицы.

[90] § 29. Для бóльшей части известных в газообразном состоянии тел вес двуобъемной частицы равен двойному паю; но для серы, фосфора и мышьяка, как показали опыты Дюма и Мичерлиха, вес двуобъемной частицы равен 6,4 и 4 паям. Эти факты показали ложность господствовавшего некогда мнения об равенстве числа атомов в равных объемах газов и о том, что пай представляет вес атома. Названные факты требуют, впрочем, поверки, потому что наблюдения над удельным весом паров серы, фосфора и мышьяка произведены были при температурах, очень близких к точке кипения этих тел, а потому, может быть, пары их находились в пределах температур неправильностей. Так, фосфор кипит при 290°, а наблюдения Дюма были произведены при 313° и 500°. Если взять второе наблюдение, показавшее, что удельный вес паров фосфора равен 4,355, то удельный объем

$$P^4 = \frac{780}{4{,}355} \times K = 1{,}98, \text{ т. е. почти } 2.$$

В том смысле, в каком мы понимаем химическую частицу (§ 5 и § 54), нам не должно казаться исключительным несоответствие половины веса двуобъемной частицы с паем; тем более, что стро[91]гие опыты отвергают даже согласование эквивалентов с объемами, т. е. одинаковую роль в соединении могут занимать тела, имеющие в отдельном состоянии неравные объемы. Так, пай фосфора есть эквивалент паю азота, пай серы эквивалент паю кислорода; но объемы их паев не равны. Эти неправильности уничтожаются при более внимательном рассмотрении предмета. Говорят, что объем эквивалента серы не равен объему

[1] Можно рассматривать все тела, принимая объем их частицы за четыре или даже за единицу. Заслуга Жерара состоит в том, что он предложил всем телам дать один объем. Многие употребляют четырехобъемные формулы. Так вода H^4O^2, спирт $C^4H^{12}O^2$, хлористый водород H^2Cl^2 и т. д. Эти формулы тем удобны, что при употреблении их можно брать старые паи Берцелиуса, но за то тогда число паев всех тел будет четное, и самые простые тела, напр., вода будут представляться как бы состоящими из двух частей $\frac{H^2O}{H^2O}$, а потому тем будут дана новая пища дуализму, чего мы вовсе не желаем.

эквивалента кислорода; но разве из того, что паи двух тел во многих соединениях суть эквиваленты, можно заключить, что они эквиваленты во всех соединениях? Разве из того, что два тела в своих соединениях занимают одну и ту же роль и придают одинаковые свойства, можно заключить, что и в отдельном состоянии они будут иметь сходные свойства?

Опыт дает ответ прямо отрицательный; возьмите хотя фосфор и азот, натрий и серебро, все факты полимерности и метамерности. Ведь нам понятно, почему частица альдегида есть $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\} = C^2H^4O$, а паральдегида $C^6H^{12}O^3$, бромистый синерод CNBr, а твердый хлористый синерод $C^3N^3Cl^3$ — отчего же нам удивляться, что двуобъемная частица серы есть S^6, а кислорода O^2, фосфор P^4, а азот N^2? Как паральдегид отличается от альдегида своими свойствами, как твердый хлористый синерод ($C^3N^3Cl^3$) отличается от жидкого ($C^2N^2Cl^2$) и газо[92]образного (CNCl), как элаен C^9H^{18} отличается от амилена C^5H^{10} и эфилена C^2H^4, так сера S^6 отличается от S^2 и O^2, так P^4 и As^4 отличаются от P^2, As^2 и N^2. Это сравнение утверждается еще и тем, что для всех названных тел соединения высшего порядка (паральдегид, твердый хлористый синерод, элаен, S^6, P^4, As^4) труднее летучи, суть тела твердые или жидкие (при обыкновенной температуре), тогда как все соответствующие соединения низшего порядка (C^2H^4O, $C^2N^2Cl^2$, CNCl, C^2H^4, O^2, N^2) гораздо более летучи и суть тела жидкие или газообразные. Словом — сера в отдельном состоянии, как и предполагали уже многие,[1] полимерна той сере, которая замещает пай за пай кислород, мышьяк полимерен тому мышьяку, который замещает азот. Точно таким же образом в амелине находится полимерное видоизменение мелама. В соединениях находится:

$$1)\ S,\ \text{напр.},\ SO^2,\ H^2S,\ Hg^2S;\quad 2)\ N^2\left\{\begin{matrix}(CN)^2\\H^2\\H^2\end{matrix}\right.\ \text{напр.}$$

$$N^2\left\{\begin{matrix}(CN)^2 & CN\\H^2 & +\\H^2 & H\end{matrix}\right\}O;\quad 3)\ As,\ \text{напр.},\ As\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$$

В отдельном состоянии:

$$1)\ S^6;\quad 2)\ N^3\left\{\begin{matrix}(CN)^3\\H^3\\H^3\end{matrix}\right.\ \text{и}\ N\left\{\begin{matrix}CN\\H\\H\end{matrix}\right.;\quad 3)\ As^4$$

[93] Эти соображения укрепляются тем, что для тел эквивалентных, имеющих равные объемы, почти всегда физические свойства соединений и отдельно взятых тел близки (напр., для Cl и H, Cl и Br, Ka и Na, Ba и Sr) или физические свойства отдельно взятых тел и сход-

[1] Например Hunt. Sillim. Americ. Journ. (2) VI—170. Эйнбродт. Об атомическом весе азота. Харьков, 1846.

ственных соединений имеют всегда довольно постоянную разность (H и J, H и Hg, H и C^2H^5, C^5H^{11} и CH^3, H и K).

Так, напр., объемы эквивалентов эфиля и водорода равны и, если оба эти тела суть газы, то и их соединения суть большею частью жидкости, легко улетучивающиеся. Объемы эквивалентов ртутных паров и водорода равны, и, если ртуть кипит при +360°, а водород (если и получится в жидком состоянии) гораздо ниже — 100°, то и азотнокислая ртуть, хлористая ртуть и окись ртути суть соединения трудно летучие сравнительно с (соединениями водорода) азотною кислотою, хлористым водородом и водою. Ни подобного сходства, ни подобной постоянной разности нет ни для серы и кислорода, ни для фосфора и азота. Так соединение серы с водородом H^2S гораздо летучее воды H^2O, сернистые металлы R^2S легкоплавче окислов R^2O, а сера кипит при +400°, тогда как кислород при температуре гораздо низшей—100°, как показали напрасные усилия превратить в жидкость водород, кислород и азот при низких температурах и высоких давлениях. Итак физические свойства, изменения которых до не[94]которой степени [1] согласуются с объемами и эквивалентами, утверждают полимерность серы, фосфора и мышьяка, что указали удельные объемы.

§ 30. Для сложных тел, известных в газообразном состоянии, вес двуобъемной частицы также по большей части согласуется с эквивалентом. Так объем эквивалентов всех гомологических кислот $C^nH^{n+2}O^2$ равен 2, также объем всех гомологических спиртов, эфиров, сложных радикалов равен 2. Это сходство эквивалентов и двуобъемных частиц составляет твердую и прочную основу теории Жерара.

Для сложных тел, не переходящих в газообразное состояние, двуобъемная частица определяется по эквивалентам, хотя это не вполне справедливо, потому что всякое тело может являться в полимерном состоянии. Действительно, есть много исклю[95]чений из закона согласования эквивалента сложных тел и объема их частиц, исключений, необходимых уже и потому, что эквивалент тела изменчив. (Самая изменчивость эквивалента прекрасно может быть сравнена с полимерностию сложных тел). Двуобъемная частица терпентинного и лимонного масла есть $C^{10}H^{16}$, но терпентинное масло с хлористым водородом образует $C^{10}H^{16}+HCl$, а лимонное масло $C^{10}H^{16}+2HCl$, т. е в названных соединениях эквиваленты суть $2C^{10}H^{16}=4$ объемам и $C^{10}H^{16}=2$ объемам. Двуобъемные частицы окиси азота и водорода суть NO и H^2, а между тем NO есть эквивалент H, а не H^2, ибо

[1] Этим мы не хотим сказать, что физические свойства соединений водорода и эфиля разнятся постоянно на известную величину, как это предполагают многие (§ 61), утверждая, что постоянная разность в химическом составе определяет и постоянную разность в физических свойствах. Мы имели в виду только одно различие больших и малых разностей. Это особенно ясно видно из того, что некоторые соединения эфиля (спирт, эфир) более летучи, чем соответств. соединения водорода, тогда как другие соединения и сам эфиль труднее летучи, чем водород и его соответств. соединения.

$$\left(\begin{matrix} C^2H^5 \\ Cl \end{matrix} \right\} \text{и} \left. \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \right\}; \quad \left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^5 \end{matrix} \right\} O \text{ и } \left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix} \right\} O; \quad \left. \begin{matrix} C^2O^2 \\ (C^2H^5)^2 \end{matrix} \right\} O^2 \text{ и } \left. \begin{matrix} C^2O^2 \\ H^2 \end{matrix} \right\} O^2 \Bigg)$$

$\left.\begin{matrix}H\\K\end{matrix}\right\}O$ и азотистокислое кали $\left.\begin{matrix}NO\\K\end{matrix}\right\}O$, спирт $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ и азотистокислый эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\NO\end{matrix}\right\}O$ представляют соединения, где водород замещен NO. Потому эквиваленты суть $H = 1$ объему и $NO = 2$ объемам.

Многие из хлористых соединений металлов представляют полимеризм. Так, хотя частица хлористого водорода есть $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$, каломели $\left.\begin{matrix}hg\\Cl\end{matrix}\right\}$, однако их эквиваленты (по составу) сулема $\left(\begin{matrix}Hg\\Cl\end{matrix}\right)$, двухлористое олово $\left(\begin{matrix}sn\\Cl\end{matrix}\right)$, хлористый кремний $\left(\begin{matrix}Si^{1/2}\\Cl\end{matrix}\right)$ и др. имеют другие объемы, ибо их частицы суть $\left.\begin{matrix}Hg^2\\Cl^2\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}sn^4\\Cl^4\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Si^2\\Cl^4\end{matrix}\right\}$ и др. Это чисто явления полимерности, [96] вроде тех, какие видим мы для трех видоизменений хлористого синерода: $\left.\begin{matrix}Cy\\Cl\end{matrix}\right\}$, $\left.\begin{matrix}Cy^2\\Cl^2\end{matrix}\right\}$ и $\left.\begin{matrix}Cy^3\\Cl^2\end{matrix}\right\}$.

Многие из известных исключений закона соответствия эквивалентов и двуобъемных частиц очень сомнительны. Для одних тел способ наблюдения удельного веса очень неточен, и наблюдения произведены в пределах температур неправильностей. Для уксусной кислоты наблюдения Дюма и Гей Люссака, произведенные в пределах температур неправильностей, дали неправильные числа.

По Дюма $V = \frac{375}{2,75} \cdot K = 1,51$

По Гей Люссаку $V = \frac{375}{2,88} \cdot K = 1,44.$

По опытам же Каура $V = 1,99$. При известных нам случаях наблюдений в пределах температур неправильностей всегда получается $V < 2$; но большая часть исключений представляет обратное явление, т. е. $V > 2$.

Киноварь Hg^2S, по Мичерлиху, $= \frac{1450}{5,51} \cdot K = 2,91.$

Водная серная кислота $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$, по Бино, $V = \frac{612,5}{2,23} \cdot K = 3,037.$

Синеродистый аммоний $\left.\begin{matrix}NH^4\\CN\end{matrix}\right\}$, по Бино, $V = \frac{275}{0,8021} \cdot K = 3,80.$

[97] Сернисто-водородный сернистый аммоний $\left.\begin{matrix}NH^4\\H\end{matrix}\right\}S$, по Бино,

$$V = \frac{318,3}{0,9011} \cdot K = 3,905.$$

Пятихлористый фосфор PCl^5, *по наблюдениям Каура* [1] *при 300°*,

$$V = \frac{1305}{3,655} \cdot K = 3,94.$$

Нашатырь $\left.\begin{matrix} NH^4 \\ Cl \end{matrix}\right\}$, по Бино, $V = \frac{334,5}{0,89} \cdot K = 4,155.$

Водная азотная кислота $\left.\begin{matrix} NO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O + H^2O$, по Бино при 130°,

$$V = \frac{506,2}{1,273} \cdot K = 4,48.$$

Углекислая окись аммония $\left.\begin{matrix} (NH^4)^2 \\ CO \end{matrix}\right\} O^2$, по Генр. Розе,

$$V = \frac{400}{0,8992} \cdot K = 4,69.$$

Водная хлористо-водородная кислота $\left.\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\right\} + 4H^2O$, по Бино

при 125°, $V = \frac{678,3}{0,69} \cdot K = 10,88.$

Прежде того, чтоб изъяснять эти известные нам 9 исключений, заметим, что только для пятихлористого фосфора произведено тщательное исследование; наблюдения же над другими телами произведены были всего один раз или (как все опыты с солями аммония) при температурах, близких к обыкновенной, т. е. гораздо ниже точки кипения и притом по особым непроверенным. Этим объ[98]ясняется отчасти отдаленность приведенных чисел от кратных. Но положим, что удельные объемы всех тел от 2 до 8 равны 4, тогда нас должен поразить объем водной хлористо-водородной кислоты, равный 10. Этот последний случай ясно показывает, что в газообразном состоянии очень часто не существуют те соединения, которые в твердом и жидком состоянии удобно происходят и довольно постоянны. Это факт общеизвестный. При выпаривании $\left.\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\right\} + 4\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$ распадается на $\left.\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\right\}, \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O, \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$ и $\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$, отчего полученный объем равен сумме всех = 10. Это распадение можно доказать опытом. Так же точно $\left.\begin{matrix} NO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O + \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$ при выпаривании распадается на два двуобъемные тела $\left.\begin{matrix} NO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O = 2$ об. и $\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O = 2$ об., и оттого объем паров ее равен 4. Наблюдение дало повидимому неправильный результат от того, что было произведено *при условиях разложения* испытуемого тела и притом в таких, что оба продукта раз-

[1] Cahours. Comptes Rend. Acad. XXI—625. Pogg. Ann. LXVII—137.

ложения пришли в газообразное состояние. Когда нагревают углекислую известь и получают газ, удельный вес его не считают за удельный вес взятой соли, потому что часть этой соли остается в виде извести, точка кипения которой несравненно выше температуры разложения. Когда берут водную азотную кислоту, температура разло[99]жения близка или даже выше, чем температура кипения обоих продуктов, оттого оба они переходят одно временно в пары. То же самое должно предполагать и для других приведенных нами соединений. Когда нагревают $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$, она распадается на $\left.\begin{matrix}SO^2\\O\end{matrix}\right\}=2$ об. и $H^2O=2$ об., ибо оба тела могут существовать отдельно, а при высоких температурах всегда почти происходят из высших соединений низшие. Это распадение серной кислоты на воду и безводную кислоту (2 об. + 2 об. = 4 об.) утверждается всеми другими примерами других двуосновных кислот, трудно летучих и легко дающих безводные кислоты (§ 15, 4). Углекислота известна только в безводном состоянии, виннокаменная и янтарная кислоты при нагревании легко дают ангидриды. Так же точно нашатырь распадается на NH^3 и HCl; $\left.\begin{matrix}NH^4\\H\end{matrix}\right\}S$ на NH^3 и H^2S; $\left.\begin{matrix}(NH^4)^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$ распадается на $\left.\begin{matrix}NH^4\\NH^4\end{matrix}\right\}O$ и CO^2; PCl^5 распадается на PCl^3 и Cl^2.

За вероятность всех этих разложений, утверждаемых аналогиею и удельными объемами, говорят: 1) возможность существования всех означенных продуктов в отдельном состоянии; 2) приближение удельных объемов этих тел к истинной сумме объемов составляющих, при возвышении температуры, окончательно разлагающий, как показали исследования Каура над пятихлористым фосфором, объем которого, по исследованиям Мичерлиха (при 185°), равен [100] 3. Для серной кислоты не произошло полного разложения при той температуре, при которой произведены наблюдения Бино, от чего удельный объем ее равен 3, а не 4. 3) Действительно опытом доказанное распадение PCl^5 на PCl^3 и Cl^2. 4) Большое непостоянство всех приведенных 9 тел. 5) Начало дальнейшего распадения в тех случаях, где и происшедшие продукты непостоянны, напр., для углекислого аммония удельный объем больше 4-х; потому что $\left.\begin{matrix}NH^4\\NH^4\end{matrix}\right\}O$ начала с своей стороны распадаться. Конечно для всех тел, кроме PCl^5 это объяснение объема их паров имеет только одну вероятность и подлежит еще сомнению, пока не будет утверждено опытом, но вероятия этого предположения утверждают до 200 примеров точности, с какой согласуются эквиваленты, основность и двуобъемные частицы тел. Мы знаем исключения только для тел полимерных. Так окись азота NO=2 объемам не есть та самая NO, которая находится в $\left.\begin{matrix}NO\\H\end{matrix}\right\}O$ и $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\NO\end{matrix}\right\}O$ — это ее полимерное видоизменение. Радикал азотистокислого кали и азотистокислого

эфиля должен быть в отдельном состоянии $\begin{matrix}NO\\NO\end{matrix}$ Предполагать, что окись азота есть радикал азотистокислых солей, ничто не дает нам права, кроме одного сходства состава. Так, мы не можем предполагать, что радикал синеродистых соединений есть парациан. Для приведенных нами 9 тел, судя по их физическим свойствам, нельзя [101] предполагать полимерного состояния, как то можно было сделать для фосфора, серы и закиси азота.

§ 31. На основании всего сказанного нами об объемах простых и сложных газообразных тел, мы утверждаем строгое соответствие двуобъемных частиц с эквивалентами и основностию. Твердую опору этому составляют более 100 приведенных во 2-й таблице примеров и вероятие недостатка в исключениях: *потому что полимеризм* не есть исключение из предыдущего правила. Он скорее утверждает этот закон, показывая по одному физическому признаку отличие в химических и в других физических свойствах. Будем только помнить о пределах температур *неправильностей и разложения*, и о несовершенно математическом *равенстве* объемов. Это неравенство доказано весьма точно для простых тел и несомненно для сложных. Величина его при тщательном изучении вероятно приведет к многим важным истинам, как привели изучения всех небольших неравенств в астрономии и физике.

§ 32. Важность каждого закона, каждой теории определяется как тем, на сколько они объясняют и обобщают уже известное нам, так и обширностью открываемого ими нового поля, так и применимостью в практической части науки. В этом смысле законы Гей Люссака и Жерара имеют огромное значение для химии, не только теоретической, но и практической.

Учение о двуобъемной частице привело Жерара и Виллиамсона к открытию безводных кислот и слож[102]ных эфиров. Практическое значение законов Гей Люссака и Жерара видно из того, что они дают возможность из удельного веса газа определять пай и обратно. Так по закону Жерара:

$$\frac{П}{Д} \cdot К = 2,$$

откуда уд. вес $Д = \frac{П \cdot К}{2} = П \cdot 0{,}0055282$ и вес частицы $П = \frac{2Д}{К} = Д \cdot 188{,}907$.

На основании этого употребляли удельный вес газа для определения пая. Так Берцелиус определил пай азота, но подобный способ не должен быть употребляем потому, что V никогда не бывает вполне равно 2. Так как V обыкновенно менее 2, то приблизительно можно положить:

$$1)\ Д = \frac{П}{180}\ \text{и}\ 2)\ П = Д \cdot 180.$$

Эти правила с большою пользою могут служить для нахождения приближенного веса частицы сложного тела, что и служит, со време-

ни введения способа Дюма, весьма важным орудием химического анализа. Напр., эмпирический состав амилена есть CH^2, т. е. пай равен 87,5, а удельный вес по наблюдению = 2,53. Отсюда по второму правилу имеем:

$$П = 2{,}53 \times 180 = 455, \text{ почти } 5 \times 87{,}5.$$

Потому состав амилена есть C^5H^{10}, и вес частицы = 437,5, откуда

$$V = \frac{437{,}5}{2{,}53} K = 1{,}913.$$

[103] На основании первого правила [1] мы можем отыскать приближенный удельный вес газа для всякого тела, если знаем эквивалент этого тела с другими телами, известными уже в парообразном состоянии. Для эфильамина $N \left\{ \begin{matrix} C^2H^5 \\ H \\ H \end{matrix} \right.$: $\Delta = \frac{281}{180} = 1{,}56$, а опыт дает 1,59. Мы могли сделать применение 2 правила к эфильамину только потому, что он есть эквивалент двуобъемному аммиаку. Эквивалент стеариновой кислоты есть $C^{18}H^{35} \left\{ \begin{matrix} O \\ H \end{matrix} \right.$ O. Удельный объем паров ее [104] должен быть равен удельному объему паров уксусной кислоты, потому что это суть гомологические кислоты. $\Delta = \frac{1775}{180} = 9{,}86$, т. е. Δ паров стеариновой кислоты должен быть равен 9,86.

Поступая так, мы должны быть осторожны — из пая не заключать об эквиваленте, из эквивалента в соединениях не заключать об весе частицы отдельно взятых тел, должны всегда помнить о возможности полимерии, а полимерность мы должны изучать по свойствам. Вполне

---

[1] Мы руководились собственно законом Жерара, а не Гей Люссака, как делали почти все исследователи до сих пор. При том поступали двояким образом: 1) брали сумму удельных весов газа каждого входящего пая, и эту сумму делили на какое-либо целое число (2 или 4 или 3). Для нахождения теоретического удельного веса паров воды H^2O возьмем удельный вес кислорода + 2 × на удельный вес водорода: 1,106 + 2(0,069) = 1,244. Половина или $\frac{1{,}244}{2}$ и есть удельный вес паров 0,622. Тогда должно было для соединения C, S, P, As брать гипотетический удельный вес. 2) Брали известные доли удельного веса газов составляющих и эти доли складывали. Для воды брали $\frac{1}{2}$ Δ кислорода и 1 Δ водорода. 0,553 + 0,069 = 0,622; для H^2S—1,103 (= $\frac{1}{2}$ Δ паров серы) + 0,069 (1 Δ H) = 1,172. В этом случае мнения различных писателей весьма разноречивы между собою. Оба приведенные способа определяют два взгляда на строение газообразных тел по объемам: один предполагает, что соединившиеся газы после соединения изменяют свой объем; другой предполагает, что изменение объема предшествует соединению. Не входим в критику этих обоих способов практического нахождения гипотетического удельного веса и теоретического взгляда на дело — мы считаем их излишними уже потому, что они затрудняют дело и вводят новые предположения. Вред их отразился и на учении об удельных объемах сложных тел (§ 46), при рассмотрении которых нам еще раз придется упомянуть о названных воззрениях.

можно предполагать, что частица селена есть $\frac{Sc^6}{Sc^6}$, потому $A = \frac{2946}{180} = 16{,}37$, потому что селен есть тело эквивалентное сере и потому что физические свойства его самого и его соединений очень близки к физическим свойствам серы и ее соединений, даже по последним наблюдениям Мичерлиха и их формы одинаковы. [1] Очевидно, что синеродистые соединения Cy^3FeR^2; Cy^2feR; Cy^2PbR и $Cy^5Fe^2M^2(NO^2)$ не суть эквиваленты ни между собою, ни к синеродисто-водородной кислоте HCy, как то можно предполагать с первого взгляда на состав; потому из объема HCy нельзя судить об объеме железисто-синеродистоводородной кислоты и друг. Давно сказано, что ничто не может быть определено само по себе и само из себя. Одно общее изучение многих признаков может вести по естественному пути в деле согласования состава и свойств с их изменениями.

---

[1] Mitscherlich. L'Institut, 1855, № 1146.

Горный журнал, СПБ, 1856.
Книга VIII и IX, стр. 169–388.

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ

(Окончание)

IV. Историко-критическое исследование об удельных объемах твердых и жидких тел

[169] § 33. Дюма и Леройе (1828) [1] принадлежит честь выяснения понятия об удельных объемах негазообразных тел. Отношение пая к удельному весу они назвали объемом атома и показали, что объем атома одинаков для многих по свойствам или форме сходных между собою простых тел. [170] Например, для меди объем атома равен $\frac{396}{8,85}=44,7$, а для железа $\frac{350}{7,81}=44,8$; для золота $\frac{2458}{19,34}=127,1$, а для серебра $\frac{1350}{10,52}=128,3$. Это исследование, которого я к сожалению не имел возможности прочесть, [2] положило начало почти всем последующим и должно быть причислено к замечательнейшим химико-физическим исследованиям как потому, что в основание его положены простые данные опыты, так и потому, что его выводы дали теоретическое изъяснение сходству свойств и формы.

§ 34. Ему предшествовало (1817 г.) замечание Монтицона [3] о том, что удельный вес каждого металла находится в простом отношении к процентному содержанию кислорода в окиси того же металла. Например, в окиси ртути 7,4% кислорода, а удельный вес твердой ртути $=14,67$, т. е. $2\times7,4$. В окиси калия 17,0% кислорода, а удельный вес калия 0,87, т. е. $\frac{17,0}{20}=0,85$. Вообще, если возьмем окислы по формуле R^2O, то удельн. вес $\Delta=n\times\frac{10000}{\Pi+100}$, [171] или, вставляя вместо Δ равный ему $\frac{\Pi}{V}$, получим $V=\frac{1}{n}\left(\frac{\Pi^2+\Pi+100}{10\,000}\right)$. Это вовсе не подтвер-

---

[1] Dumas et Le Royer. Journal de Phys., d. Chimie, d'Hist. naturel. et des Arts par Rozier, 1828, Jun., XCII—409. Еще ранее (1821) писал Дюма о том же предмете, но мне неизвестно, где именно.

[2] Об нем упоминают много раз Копп, Шрöдер, Филöль, Плейфр и Джуль, Авогадро, Гмелин, Миллон и Рейсет, Гунт и др.

[3] M. Frère de Montizon. Observation sur le rapport qui existe entre l'oxydation des metaux et leur pesanteur spécifique, 1817. Ann. d. Chimie et Phys. (1) VII, 7.

ждается опытом. Например, для серебра $V=\frac{1}{n}\times 197{,}7500$, а на опыте $V=128$; для меди V по вычислению $=19{,}6416$, а по наблюдению $=44{,}7$. Впрочем в самом корне предположения Монтицона лежит уже ошибка, ибо из состава различных окислов одного и того же металла выводятся различные процентные содержания кислорода, а потому из разных окислов можно вывести различный удельный вес металла. Неудивительно после того, что попытка Монтицона не оправдывается, хотя на первый взгляд и удовлетворяет двум, трем случаям. Единственное достоинство рассматриваемого труда состоит в намеке на отношение между паем (ибо процентное содержание кислорода в окиси $R^mO^n=\frac{10\,000}{m\Pi+n\,100}$) и удельным весом металлов.

§ 35. Купфер в 1824 г. [1] сделал попытку согласить удельный вес с паем и объемом главной кристаллической формы. Если y обозначить объем главной кристаллической формы (напр., ромбо[172]эдра и призмы для тел, приведенных нами в пример), то все тела одной кристаллической системы, по правилу Купфера, подчиняются уравнению

$$\frac{\Pi\cdot\Delta}{y}=Q\,\frac{\Pi'\cdot\Delta'}{y'},$$

где Q = целому числу или простой дроби (иногда $^3/_8$ и друг.), напр.:

Известковый шпат:	$y=3{,}1643$;	выч.	$\Delta=2{,}696$;	наблюд.	$\Delta=2{,}696$
Железный блеск:	$y=4{,}6452$;	»	$\Delta=5{,}1084$;	»	$\Delta=5{,}012$
Корунд:	$y=1{,}245$;	»	$\Delta=4{,}177$;	»	$\Delta=4{,}07$
Горный хрусталь:	$y=1{,}4318$;	»	$\Delta=2{,}58$;	»	$\Delta=2{,}03$
Апатит:	$y=4{,}230$;	»	$\Delta=3{,}132$;	»	$\Delta=3{,}130$

Попытка Купфера имеет большое достоинство, как первая в большом ряду последующих работ о согласовании кристаллической формы пая и удельного веса. Впрочем, она основана на чистой случайности и не имеет ни теоретического, ни практического твердого основания, а потому, по справедливости, не обратила на себя внимания. Вывод Дюма и Леройе прямо противоречит основному правилу Купфера; потому что для тел, имеющих сходную кристаллическую форму, $y=y'$, т. е., по Купферу, $\Pi\Delta=\Pi'\Delta'$, а по Дюма для них $\frac{\Pi}{\Delta}=\frac{\Pi'}{\Delta'}$. Мы увидим вскоре, что мнение Дюма подтверждается последующими исследованиями, из чего должно заключить о [173] несправедливости предположения Купфера. Притом у него много неправильных данных как в показаниях удельного веса, так и в кристаллических формах; оттого объем главной формы железного блеска, по вычислению Купфера, вышел неравным объему главной формы корунда.

---

[1] **Kupffer. Sur une relation remarquable qui existe entre la forme cristalline, le poids d'un atome et la pesanteur spécifique de plusieurs substances, 1824. Ann. d. Chimie et Phys. (I) XXV, 337.**

§ 36. К тому же 1824 г. относится замечательный труд Авогадро [1] об удельном весе твердых и жидких тел — труд, в котором италиянский ученый старался показать, что расстояния атомов (§ 8) твердых и жидких тел так же одинаковы, как и для газообразных, только первые неравномерно изменяются действием теплоты и другими обстоятельствами, действующими на последние правильно. Сверх того, Авогадро заметил, что с изменением расстояния атомов твердых простых тел изменяется и сила их сродства, т. е. их электрохимический характер. Мемуар Авогадро мне также не удалось видеть; его, кажется, не знал никто из занимавшихся впоследствии этим предметом. Судя по тому, что говорит сам Авогадро, упомянутое исследование его, имея важное историческое значение (как первая попытка обобщения сведений об объемах газов и твердых тел), в то же время [174] имеет своими недостатками натур-философскую свою сторону и шаткость введенного объяснения о побочных (неизвестных) обстоятельствах, допускающих всевозможные ошибки, неправильности и исключения.

§ 37. Монтицон, Купфер и Авогадро вероятно не впали бы в свои эмпирические и философские ошибки, а Дюма и Леройе достигли бы еще более общих и важных результатов, если б обладали большим числом верных данных, особенно по отношению к удельному весу. Главным авторитетом до сих пор был Бриссон; [2] но его запас сведений был довольно беден и иногда очень неправилен. Эти недостатки пополнили три важные труда: Герапата [3] в Англии, Булле [4] во Франции и Карстена [5] в Германии. Каждый из них старался, на основании фактов, определить отношение [175] удельного объема сложного тела к объему простых, из которых составлено первое. Брали особенно иодистые и сернистые соединения потому, что иод и сера известны в твердом состоянии. Плодом этих исследований был закон: при химическом соединении всегда почти объем сложного тела менее суммы объемов простых тел, его составляющих; редко удельный объем сложного тела равен или более этой суммы.

Назовем, раз навсегда, чрез V наблюденный удельный объем, а чрез W объем сложного тела, в котором не произошло изменения при соединении, т. е. $W=V^1+V^2$,[6] где V^1 и V^2 означают объемы вошедших составных частей. Короче, назовем W объемом смеси, ибо при простом

---

[1] Avogadro. Memorie dell'Accad. di Torino (1) 1824, XXX. Bullet. d. sciences de Férussac, 1828, Janvier. Об этом говорит Avogadro впоследствии. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIV—330.

[2] Brisson. Pesanteur spécifique des corps. Paris, 1778.

[3] Herapath. Philosoph. Magaz. 1824. LXIV—321. Neues Journ. d. Pharmacie v. Tromsdorff. XI—167; Berzelius Jahresbericht V—52.

[4] Boullay. (Polyd.). Dissertation sur les modifications qui subit le volume des corps dans les combinaisons chimiques (представлена в Faculté d. Sc. d. Paris). Paris, 1830. Извлечение в Ann. d. Chim. et Phys. (1) XLIII—266. Pogg. Ann. XIX—107.

[5] Karsten. Über das Verhältniss chemischer Mischung zur Form. Neues Jahrbuch, LXV—320—394. Dove Repertorium d. Phys. I—136.

[6] Придерживаясь дуалистических идей, во всех неорганических соединениях рассматривали соединение двух составляющих и потому полагали, что $W = V^1 + V^2$, хотя в теле было три или более простых тел.

смешении объемы постоянно подчиняются этому закону. Герапат, Булле и Карстен доказали, что V не равно W, или, так как $V = \frac{П^1 + П^2}{Д}$ и $W = V^1 + V^2 = \frac{П^1}{Д^1} + \frac{П^2}{Д^2}$ и $W = \frac{П^1 + П^2}{d}$ то и $Д$ (удельный вес наблюденный) не равен d (удельному весу смеси). Из соединения двух последних равенств следует, что

$$\frac{П^1 + П^2}{d} = \frac{П^1}{Д^1} + \frac{П^2}{Д^2},$$

откуда

$$d = \frac{(П^1 + П^2)\, Д^1 \cdot Д^2}{Д^2 П^1 + Д^1 П^2}$$

или

$$d = \frac{П^1 + П^2}{V^1 + V^2}.$$

[176] Итак V равно $W \pm X$; $Д = d \pm y$ или $V = ZW$. Зависимость *изменений объема* (X или Z) от химического состава не была найдена трудами названных ученых, тем не менее они имеют несомненное достоинство по множеству новых данных, общности вывода и тому, что указали дорогу, по которой должно итти в деле согласования удельного веса сложного тела и его элементов.

§ 38. В химии Томсона 1831 г., [1] как указали Плейфр и Джуль, [2] находится замечание о близости величины объемов частиц простых тел, сходных между собою, что еще гораздо ранее показали Дюма и Леройе.

§ 39. Большое значение в истории удельных объемов имеет «Атомическая химия» профессора Страсбургского факультета Персо. [3] В этой химии явилась первая попытка определить удельный вес твердого тела по его составу и удельному весу паров.

[177] Вот правила Персо: удельный вес твердого тела (т. е. отношение веса равных объемов тела и воды) равен отношению веса литра (A) паров этого тела к весу литра водяных паров (B), или удельный вес равен этому отношению, деленному на n, т. е. $Д = \frac{A}{n \times B}$, где $n = 1{,}24 \ldots 3{,}6 \ldots$. Это правило вывел Персо из тех исследований Гей Люссака, [4] которые показали, что объемы паров всех тел находятся в простом отношении друг к другу и что объемы спирта ($C^4H^{12}O^2$) и сернистого углерода (CS^2) как в жидком состоянии при точке кипения, так и в газообразном состоянии, при одинаковых температурах и давлениях, относятся как 2:1. Потому для них $\frac{Д}{Д^1} = \frac{\text{уд. весу пар. } C^4H^{12}O^2}{\text{уд. в. пар. } CS^2}$. Из этого Персо заключил, что $\frac{Д \text{ тела}}{Д \text{ воды}} = \frac{1}{n} \times \frac{Д \text{ пар. тела}}{Д \text{ пар. воды}}$ или удельный

[1] Thomson. Chemistry of Inorganic Bodies. Lond. 1831. I—14.
[2] Playfair a. Joule. Memoir and Proceed. of the Chem. Soc. of Lond. II—240.
[3] Persoz. Introduction à l'étude de la chimie moleculaire. Strasbourg. 1839, 134, 247, 254 etc. Berzelius Jahresbericht. XX—13.
[4] Gay-Lussac. Ann. d. Chim. et Phys. II—134.

вес тела $\Delta = \frac{A}{nB}$, но это заключение не подтвердил он другими примерами, хотя имел их под руками. Из одного случайного сходства (спирта и сернистого углерода) Персо сделал заключение обо всех телах, а потому ошибся на первом же шагу, что особенно ясно из некоторых следствий его положений.

$$\Delta = \frac{П}{V}, \quad \frac{A}{B} = [178] = \frac{\Delta \text{ пар. тела}}{\Delta \text{ пар. воды}} = \frac{П}{112{,}5}$$

потому, что $\frac{\Delta \text{ пар. тела}}{\Delta \text{ пар. воды}} = \frac{П}{112{,}5}$. Отсюда, если $\Delta = \frac{П}{V} = \frac{A}{nB}$, то $\frac{П}{V} = \frac{П}{n112{,}5}$ или $V = n\,112{,}5$, т. е. удельные объемы всех тел находятся в простом отношении к объему воды при 0° (112,5) и между собою. Это не может быть принято в настоящее время. Исходя из своих начал и полагая вес литра водяных паров равным 70, Персо нашел, что $\Delta = П \times 0{,}8003$. Таким образом $\Delta = \frac{П \times 0{,}8003}{n \times 70}$, где $n = 1$ (для As^2, Pt^2, Zn^2, Pl^2), $\frac{1}{2}$ (Co^2), 2 (P, S, Se, Ag^2, Ti^2O^2, Mn^2O^2), 12 (K^2J^2, $K^2N^2O^6$), 6 (Ba^2Cl^2), 16 $\left(\text{для } \frac{SO^2}{Mg^2}\right\} O^2 + 7H^2O\Big)$: но вычисленные по этой формуле величины очень далеки от действительных. Напр., по Персо, вычисленный удельный вес платины = 14,1 (по новым данным пая 12,8 или $^1/_2$25,6), серы 1,143, иодистого калия 1,98, а наблюденные числа суть: 21,1, 2,07 и 3,03. Разница весьма значительна, хотя мы взяли первые попавшиеся тела. Не входим в другие подробности мнений Персо, заметим только, что все его выводы по этому предмету были прекрасно опровергнуты Гмелином [1] и Филёлем. [2] Тем [179] не менее с бо́льшею уверенностью мы приписываем Персо важное значение в истории сведений об удельных объемах, как потому, что он старался определить соотношение удельных объемов газов и твердых тел, принимал прежде других за истину равенство удельных объемов изоморфных тел, так и потому, что его попытка обратила на себя всеобщее внимание [3] и тем открыла новую дорогу учения об объемах. Работы Коппа, Аммермюллера и Шрёдера довершили в этом отношении дело Персо.

§ 40. Первый труд Коппа [4] принадлежит 1839 г. Здесь соединены многие данные для утверждения мысли о том, что при химическом

[1] L. Gmelin. Handbuch d. Chemie, 4 Aufl. Heidelberg. 1 — 53 etc.

[2] Filhol. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXI—415.

[3] Об исследованиях Дюма, Монтицона, Купфера и Авогадро стали говорить только в недавнее время, но труд Персо обратил на себя внимание во время самого выхода в свет, что видно из отзывов Берцелиуса, Шрёдера, Коппа, Эймбродта и пр.

[4] Hermann Kopp. Über die Vorausbestimmung des spezifischen Gewichts einiger Klassen chemischer Verbindungen. 1839. Pogg. Ann. XLVII, 133—153. Извлечено из Liebig's Ann. XXXII, 207. Копп в нескольких местах упоминает о своей диссертации, относящейся к 1838 году и имевшей тот же предмет, но эта диссертация не известна ни мне, ни другим исследователям этого предмета. Вероятно извлечение из этой диссертации и составило упомянутую статью.

соединении изменяется удельный объем *каждой* из составных частей. Это изменение, по мнению Коппа, *равномерно* распространяется на всю массу сложного атома или [180] на каждую часть его, пропорционально массе этой части. Потому, что Копп полагает

$$\Delta = md, \text{ где } m = \frac{x \cdot \Pi^1 + y \cdot \Pi^2}{\Pi^1 + \Pi^2},^1 \text{ откуда } \Delta = \frac{x \cdot \Pi^1 + y \cdot \Pi^2}{\Pi^1 + \Pi^2} \times \frac{\Pi^1 + \Pi^2}{V^1 + V^2}$$

$$\text{или } \Delta = \frac{x \cdot \Pi^1 + y \cdot \Pi^2}{V^1 + V^2}, \text{ а потому } V = \frac{(\Pi^1 + \Pi^2) \cdot (V^1 + V^2)}{x\Pi^1 + y\Pi^2}.$$

Для ряда соединений одного и того же электроотрицательного тела, напр., хлора, величины x и y, по мнению Коппа, постоянны. Вычислим, например, для хлористого серебра и хлористого натрия величины x и y, зная, что для хлористого серебра Δ=5,55, П=1350, Π^2=444, V^1=128 и V^2=334; а для Na^2Cl^2 Δ=2,16, Π^1=289, Π^2=444, V^1=304 и V^2=334. Имея два уравнения с двумя неизвестными, находим, что x=1,11, а y=2,4. Возьмем теперь несколько других хлористых соединений и вычислим удельный вес их, зная x и y, как делал Копп:

Pb^2Cl^2	удельн.	вес	вычисленный	5,6,	наблюд.	5,8
Ka^2Cl^2	»	»	»	1,7	»	1,9
Hg^2Cl^2	»	»	»	5,7	«	5,3
CCl^2	»	»	»	3,2	»	1,58
SCl^2	»	»	»	3,00	»	1,65
Cn^4Cl^2 *	»	»	»	4,6	»	3,5

[181] И здесь мы не подыскивали примеров, а взяли первые и видим, что опыт с некоторою степенью приближения подтверждает предположения Коппа для одного ряда тел, а для другого вычисленный и наблюденный удельный вес весьма далеки. Заметим притом, что все тела (Ag^2Cl^2, Na^2Cl^2, Pb^2Cl^2, Hg^2Cl^2), которым удовлетворяют одни и те же x и y, имеют одинаковое строение. Не спешим заключать вообще, но думаем, что закон Коппа имеет некоторую применимость только для тел, весьма близких между собою. Очевидно, что для кислородных соединений неизвестный удельный объем кислорода (V^2) может быть вычислен, когда мы, вместо двух окислов, возьмем три и из трех уравнений определим три неизвестных x, y и V^2. Попробуем для примера из Ag^2Cl^2, Na^2Cl^2 и Pb^2Cl^2 вычислить удельный объем хлора, полагая его неизвестным. Имеем для Ag^2Cl^2

$$5{,}55 = \frac{x\,1350 + y\,444}{128 + V^2},$$

для Na^2Cl^2

$$2{,}16 = \frac{x\,289 + y\,444}{304 + V^2}$$

и для Pb^2Cl^2

$$5{,}80 = \frac{x\,1294 + y\,444}{114 + V^2}.$$

---

[1] Удерживаем обозначение, данное в § 37.

* В оригинале—очевидно опечатка. *Прим. ред.*

Откуда $V^2 = 110{,}5$; $x = 0{,}4$; $y = 1{,}76$. Из этого видно, что вычисленный по способу Коппа удельный объем (для хлора 110,5) далек от истинного (334), а потому объем кислорода, вычисленный из окислов, нельзя считать близким к действительному. Притом, находя V^2, x и y [182] из разных окислов, мы придем к числам, весьма далеким друг от друга.

Итак теория, предложенная Коппом, далеко не удовлетворяет фактам, что можно было предугадать по совершенной произвольности ее главного начала. Теория эта, вместе с теориями Персо, Аммермюллера и Шрёдера, должна быть причислена, по своей простоте, к первой эпохе науки.

§ 41. Сравнивая удельный вес двух соединений двух простых тел, Аммермюллер [1] нашел, что они находятся в простом отношении к паям этих двух сложных тел, т. е. $Д : Д' = mП : nП'$, например, для закиси ($Cu^4O = cu^2O$) и окиси (Cu^2O) меди имеем $Д : Д' = 5{,}76 : 6{,}22 = 1 : 1{,}08$ и $П : 2П' = 892 : 992 = 1 : 1{,}11$, т. е. почти $Д : Д' = П : 2П'$. Из приведенного выше уравнения следует, что $\frac{П}{Д} : \frac{П'}{Д} = n : m$, т. е. $V : V' = n : m$ или удельные объемы двух соединений одних и тех же тел находятся в простом отношении друг к [183] другу ($= n : m$). Но этого опыт не утверждает. Удельные объемы:

Cu^4	O	:	Cu^2	O	=	1,95 : 1
H^2	O	:	H^2	O^2	=	0,77 : 1
Mn^2	O	:	$Mn^{4/3}$	O	=	1,22 : 1
Mn	O	:	$Mn^{4/3}$	O	=	1,09 : 1
$Mn^{4/3}$	O	:	Mn^2	O^2	=	0,54 : 1
Hy^4 *	O	:	Hy^2 *	O	=	2,18 : 1
SO^2		:	SO^3		=	1,08 : 1
Sn^2	O	:	Sn	O	=	1,82 : 1
Pb^2	O	:	Pb^2	O^2	=	0,87 : 1
Cu^4	S	:	Cu^2	S	=	1,38 : 1
As	As	:	$S^{2/3}$	S	=	1,25 : 1
SCl		:	SCl^2		=	0,67 : 1

§ 42. Первый труд Шрёдера [2] внес в науку закон равных остатков: вычитая из удельных объемов многих сложных тел AX, BX, CX... удельные объемы соответствующих частей — A, B, C..., получим

---

[1] F. Ammermüller. Über eine Gesetzmässigkeit in spez. Gewichte, welche bei Verbindungen einfacher Körper unter einander der nach multiplen Verhältnissen stattfindet. Pogg. Ann. 1840, XLIX—341; Ann. d. Chim. et Phys. (1) LXXV—174. Эта статья была пояснена и упрощена замечаниями: Poggendorff. Pogg. Ann. XLIX—356, Ann. d. Chim. et Phys. (1) LXXV—191 и Ammermüller. Pogg. Ann. L—406 и, наконец, Filhöl. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXI—415.

* [В оригинале—опечатка? *Прим. ред.*].

[2] H. Schröder. Allgemeine Begründung der Volumentheorie oder der Lehre von d. Aequivalent-Volume. 5 Aug. 1840. Pogg. Ann. L—553 до 604. Очень ясно выражен закон равных остатков в Schröder. Rechtfertigung der Volumentheorie gegen Löwig's Bemerkungen 1841; Erdm. Journ. f. prakt. Ch. XXIII—436. В особом исследовании (Pogg. Ann. LII—269) Шрёдер старался согласить со своей теорией удельных объемов теплоемкость сложных тел.

равные или кратные остатки, например, удельный объем Pb^2O—Pb^2=[184] Cu^2O—Cu. Вот примеры, подтверждающие этот закон:

Уд. объемы AO		Уд. об. A	(AO—A)
Cu^2 O	79,7	44,7	35,0
Zn^2 O	89,3	55	34,3
Pb^2 O	146	114	32
Hg^2 O	121	92	29
$Fe^{4/3}$ O	64,6	29,9	34,7
$Sb^{4/3}$ O	117	81	36
TiO	65	29	36
Cu^4 O	155	89	65,6
SiO	72,4	37	35,4
SnO	68	49,8	18,2
Ag^2 O	194,6	128	66,6
$Mn^{2/3}$ O	84	23,3	60,7

По мнению Шрöдера, разность (AO—A) объемов окислов (AO) и металлов (A) должна быть равна или 33,8, или $\frac{1}{2}$ 33,8=16,9 или 2, 33,8=67,6. Некоторое различие в величине остатков Шрöдер приписывал неточности наблюдений и неравенству условий, в которых находятся твердые тела, т. е. влиянию температуры и строения. Шрöдер полагал, что при температуре плавления или кипения [1] эти неравенства исчезнут.

[185] На основании закона равных остатков, критику которого мы оставляем до одного из следующих параграфов, Шрöдер дал следующие законы строения тел по объемам: 1) удельный объем сложного тела равен сумме удельных объемов тел составляющих; 2) тело входит в соединения или со своим естественным удельным объемом или с кратным ему. Так, если примем удельный объем кислорода равным 33,8, то кислород входит в соединение объемами 33,8 или 16,9 или 67,6. Щелочные металлы входят в соединения с уменьшенным объемом, чем возможно объяснение того, что K^2O имеет объем (221) меньший, чем объем K^2 (560,9); удельный объем гипотетических или несуществующих в твердом состоянии тел легко находится на основании сказанных законов. Так как удельный объем воды =112,5, то удельный объем H^2=78,7 и O=33,8.

Против этой теории [2] прежде всего говорит сбивчивость ее, потому что в ней полагается $y=xv^1+yv^2$ (§ 37) и требуется из одного уравнения определить два неизвестных. Оттого для одного и того же тела можно найти несколько приближенно [186] удовлетворяющих значе-

[1] Schröder. Ueber die Ausdehnung d. Körper durch die Wärme (Mannheim). 24 Jan. 1841. Pogg. Ann. LII—282 и в том самом сочинении, которое мы указали в прошлой выноске.

[2] Против теории Шрöдера делали многие возражения. Kopp. Über die Volumentheorie, 1841. Pogg. Ann. LII—243; Löwig. Bemerkungen über H. Prof. Schröder's Abhandlung «Allgemein. Begründ. d. Volumentheorie», 1841. Erdm. Journ. f. prakt. Chemie XXII—244 (см. примечание в начале этого параграфа). Шрöдеру возражали также Гмелин и Филöль.

ний x и y. Притом факты показывают, что большею частью величины эти (x и y) не суть малые числа или простые дроби; сам Шрёдер прибегал к дробям $\frac{5}{6}$, $\frac{6}{5}$, $\frac{8}{5}$, $\frac{8}{9}$ и т. д. Теория Шрёдера была отражением всеобщих понятий; так думали тогда об объемном строении газов. Главная заслуга этой теории есть та, что в ней указано влияние температуры на изменения объемов и дано этому влиянию большое значение. Главное начало этой теории служило впоследствии опорою многих трудов Коппа, Лёвига и друг. На основании закона равных остатков, Копп бросил свою первую теорию и, придерживаясь закона Шрёдера, составил новую (§ 45).

§ 43. Еще Дюма (§ 33) заметил, что простые тела, сходственные по кристаллической форме, имеют близкие удельные объемы; Персо (§ 39) ясно выразился о том, что тела одноформенные имеют одинаковые удельные объемы, и привел на то несколько примеров, хотя произвольно изменил величины удельных объемов некоторых тел для того, чтобы приравнять их. [1] Копп в первом труде сво[187]ем, [2] равно как и Шрёдер (§ 42), весьма определенно изъяснили сходство форм равенством или близостью удельных объемов. Этим заменилось предположение Митчерлиха об равенстве *форм* частиц изоморфных тел; теперь стало понятным, почему одно вещество, заменяя другое, не изменяет формы. Этой мысли не доставало прочной фактической опоры до тех пор, пока в 1840 [3] и 1841 [4] годах Копп не дал ей общности, теоретического и фактического развития.

Потому Коппа должно считать основателем этого важного закона, подобно тому как Мичерлиха должно считать основателем наших сведений об изоморфизме, хотя Фукс ранее Мичерлиха учил уже об наместничествующих составных частях (Vicariirende Bestandteile); Либиха [5] — основателем учения о слож[188]ных органических радикалах, хотя сам Лавуазье, [6] Дюлонг, [7] Берцелиус [8] и многие другие

---

[1] Persoz. Introduct. à l'étude d. l. chimie moleculaire, 835. Персо полагает, что объемы окислов железа, глиния и хрома имеют объем равный 168, тогда как действительно они равны 193,8—162,6 и 183; для всех солей, изоморфных с $\frac{Mg^2}{SO^2}\}O^2 + 7H^2O$, Персо дает объем 896; для всех квасцов 3584.

[2] Kopp. Pogg. Ann. XLVII—150.

[3] Kopp. Ueber Atomvolum, Isomorphismus und spezifisches Gewicht, 1840. Lieb. u. Wöhl. Annal. d. Chemie u. Pharm. XXXVI—1. Та же статья явилась в виде особых оттисков. Giessen, 1841.

[4] Kopp. Ueber die Abhängigkeit der Krystallform vom Atomvolum, und über die Änderung derselben durch Erwärmung, 1841. Pogg. Ann. LII—262.

Kopp. Ueber Isomorphismus analoger Verbindungen ohne Isomorphismus d. entsprechenden Bestandteile, 1841. Pogg. Ann. LIII—446.

Kopp. Considerations sur le volume atomique, l'isomorphisme et le poids spécifique. Ann. d. Chim. et Phys. (1) LXXV—406.

[5] Liebig u. Wöhler. Lieb. Ann. 1832, III—209; Liebig et Dumas. Comptes Rend. Acad., 1837.

[6] Lavoisier. Traité élément. de chimie, 1801, 197. Это показано было Г. Ходневым. Ходнев. О соединении минеральной и органической химии в одно целое. Харьков, 1848.

[7] Dulong. Schweigg. Journ., 1816, XVII—230.

[8] Berzelius. Lehrbuch der Chemie. 2 Aufl. Здесь между прочим проведена

делали гораздо раньше намеки об них; Дальтона [1] — основателем атомической теории, хотя Левкипп, Демокрит, Эпикур, Гассенди, Вольф, Сведенборг, Гигинс и друг. гораздо ранее учили об атомах. Так точно Лорана [2] должно считать основателем понятий о металептическом замещении водорода хлором, хотя Гей Люссак и Дюма гораздо ранее знали некоторые факты его, хотя эту теорию впоследствии наиболее ясно развил Дюма, [3] сперва возражавший Лорану. [4] Мы полагаем, что открытие закона природы принадлежит тому, кто прежде других его ясно сознавал, а не смутно только [189] предчувствовал, кто себя и других убедил в существовании этого закона рядом фактов и умозаключений. Оттого мы приписываем Коппу открытие *законов связи* изоморфизма и удельных объемов. Вот они. 1) Для изоморфных тел удельные объемы v и v′ очень близки, так что v—v′ незначительно в сравнении с v. Вот несколько примеров.

Корунд al^2O имеет удельный объем	54,2
Окись хрома cr^2O	61
Окись железа fe^2O	64,6
Хлористый барий $\left.\begin{matrix}Ba\\Cl\end{matrix}\right\}$	175
Хлористый стронций $\left.\begin{matrix}Sr\\Cl\end{matrix}\right\}$	172
Спинель $Mg^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}O$	64,0
Ганит $Zn^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}O$	65,4
$Zn^{\frac{1}{2}}cr^{\frac{2}{3}}{}_3O$	69,0
$Mg^{\frac{1}{2}}cr^{\frac{-}{2}}O$	69,3
Магнитный железняк $Fe^{\frac{1}{2}}fe^{\frac{3}{2}}O$	70,2
$Zn^{\frac{1}{2}}fe^{\frac{3}{2}}O$	73,5
NaCl	169,9
AgCl	164,9
Азотнокислый свинец $\left.\begin{matrix}Pb\\NO^2\end{matrix}\right\}O$	230,8
Азотнокислый стронций $\left.\begin{matrix}Sr\\NO^2\end{matrix}\right\}O$	230,8

в первый раз прекрасная идея о сходстве уксусной кислоты и серной, синерода и хлора, аммония и калия.

[1] Dalton. New system of chemical philosophy. London, 1808.

[2] Laurent. Ann. d. Chim. et Phys. 1837, LXII—125, LXIII—271, 377; LXIV—328.

[3] Dumas. Compt. Rendus, 1839, Avril.

[4] Dumas. Compt. Rendus, 1838—699. Laurent. Meth. de Chimie, 1854

Азотнокислый барий $\left.\begin{matrix}Ba\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ 258,4

[190] Цинковый купорос $\left.\begin{matrix}Zn^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2+7H^2O$ 906

Английская соль $\left.\begin{matrix}Mg^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2+7H^2O$ 900

Квасцы $\left.\begin{matrix}SO^2\\al^{\frac{3}{2}}\ K^{\frac{1}{2}}\end{matrix}\right\}O^2+6H^2O$ 855

Квасцы $\left.\begin{matrix}SO^2\\al^{\frac{3}{2}}\ (NH^4)^{\frac{1}{2}}\end{matrix}\right\}O^2+6H^2O$ 871

Квасцы $\left.\begin{matrix}SO^2\\cr^{\frac{3}{2}}\ K^{\frac{1}{2}}\end{matrix}\right\}O^2+6H^2O$ 849

$\left.\begin{matrix}SO^3\\KCu\end{matrix}\right\}O^2+3H^2O$ 633

$\left.\begin{matrix}SO^3\\NH^4Mg\end{matrix}\right\}O^2+3H^2O$ 658

2) С изменением температуры изменяется удельный объем тела и углы его кристаллической формы, как показали исследования Мичерлиха. Эта единовременность изменений объема и форм при различных температурах дала Коппу повод открыть другой, еще более важный закон: для ряда изоморфных тел, с постепенным изменением объема, мало-по-малу постепенно изменяются и углы кристаллов. Вот несколько подтверждающих примеров.

Тяжелый шпат $\left.\begin{matrix}Ba^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=325{,}6.\quad \infty P=101°42';\quad \breve{P}\infty=74°35'$

Свинцовый купорос $\left.\begin{matrix}Pb^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=301{,}6.\quad \infty P=103°43';\quad \breve{P}\infty=75°35'$

[191] Целестин $\left.\begin{matrix}Sr^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=300{,}9.\quad \infty P=104°—;\quad \breve{P}\infty=75°40'$

Шпаты $\left.\begin{matrix}Zn^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=175{,}9;\quad R=107°40'$

» $\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=178{,}9;\quad R=107°25'$

» $\left.\begin{matrix}FeMg\\CO\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=186{,}3;\quad R=107°14'$

» $\left.\begin{matrix}Fe^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\cdot V=187{,}8;\quad R=107°0'$

Шпаты	$\left.\begin{matrix}MgCa\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 200{,}0;$	$R = 106°15'$
»	$\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 229{,}3;$	$R = 105°5'$
Арагонит	$\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 211{,}1;$	$\infty P = 116°16'$
Белая св. р.	$\left.\begin{matrix}Pb^2\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 258{,}7\,(?);$	$\infty P = 117°14'$
Стронциан	$\left.\begin{matrix}Sr^2\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 254{,}4;$	$\infty P = 117°16'$
Витерит	$\left.\begin{matrix}Ba^2\\CO\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 259{,}5;$	$\infty P = 118°30'$

Замечательное явление подобного рода для целого ряда сернокислых солей открыл недавно Гаусман. [1] Он нашел, что углы и оси ромбических сернокислых солей довольно близки, если для сравнения принять за главные пирамиды и призмы (∞P) некоторые из почитаемых нами за комбинационные пирамиды и призмы.

[192]	$\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 412;$	$\infty P = 120°29';$	$a : b : c = 0{,}743$	$: 1 :$	$0{,}572$
	$\left.\begin{matrix}Na^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 337;$	$\infty P = 118°46';$	$0{,}749$	1	$0{,}592$
	$\left.\begin{matrix}Ba^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 325{,}6;$	$\infty P = 116°22';$	$0{,}766$	1	$0{,}623$
	$\left.\begin{matrix}Pb^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 301{,}6;$	$\infty P = 117°20';$	$0{,}769$	1	$0{,}608$
	$\left.\begin{matrix}Sr^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 300{,}9;$	$\infty P = 117°10';$	$0{,}782$	1	$0{,}618$
	$\left.\begin{matrix}Ca^2\\SO^2\end{matrix}\right\}$	$O^2 \cdot V = 288;$	$\infty P = 113°42';$	$0{,}764$	1	$0{,}653$

К этим основным законам Копп присоединил еще несколько других, [2] от которых трудно было воздержаться ему, когда он занимался общей теориею удельных объемов. Несколько замечаний о связи изоморфизма с удельными объемами мы намерены привести в следующей главе, где будем рассматривать удельные объемы сходственных тел. Мы постараемся показать, что эта близость удельных объемов изоморфных

[1] Hausmann. Lieb. Ann. LXXIX—64; Pogg. Ann. LXXXIII—572; L'Instit. 1851—189.

[2] Копп старался исследовать объем простых тел, составляющих изоморфные тела; говорил, что изоморфизм сложных тел может происходить без изоморфизма составляющих (см. примечание в начале этого параграфа).

тел зависит только от того, что они в то же время имеют аналогический состав и близкие свойства. Заметим теперь, что оба закона Коппа имеют прочное и прекрасное фактическое основание, приводят к важному теоретическому выво[193]ду и служили с пользою во многих случаях, чего нельзя сказать ни об одном из прошлых и последующих исследований об удельном объеме твердых тел, кроме исследования Дюма.

§ 44. Около того же 1841 г. появилась теория числа атомов (§ 8) Леопольда Гмелина. [1] Он полагает, что число атомов или частиц сложного тела, а потому и удельный объем его, зависит от квадрата числа паев простых тел, входящих в сложное. Формула, данная Гмелиным, может быть представлена так:

$$V = m \cdot \frac{V'V''(Q' + Q'')^2}{Q'V'' + Q''V'},$$

где V, V′ и V″ имеют значение как в § 37, а Q′ и Q″ обозначают число паев каждого из простых тел входящего соединения. Напр., для полусернистой меди Cu^2S (по прежнему изображению) вычисленный V=164, ибо V′=44,7, V″=96,6, Q′=2 и Q″=1, наблюденный же V=172; для AsS^3 по вычислению V = 448, а по наблюдению = 450. Для AgS по вычислению V = 220, а по наблюдению 214; для CuS [194] по вычислению V = 122, а по наблюдению = 124; для NiS по вычислению и по наблюдению V = 106; для SnS (все по прежним формулам) по вычислению V = 196, а по наблюдению 183; для PtP по наблюдению 185, а по вычислению 183. Эти факты в некоторой мере подтверждают теорию Гмелина, но сам он видел ее недостаточность для большей части других тел. Так для CS^2 по вычислению V = 133, а по наблюдению = 371, для HgCl V = 289 и 318, для KaCl V = 837 и 480, для HgJ V = 286 и 448. Принимая другой взгляд на число паев, мы можем вычислить другие удельные объемы, но и они будут далеки от действительных. Так, принимая сулему за $HgCl^2$, получим объем 534, для KCl^2 V = 1148 и т. д. Итак, кроме ясного голоса фактов, теории Гмелина, как заметил Копп, противоречит изменчивость взгляда на число паев (Q′ и Q″). Тем не менее правило Гмелина замечательно тем, что очень точно удовлетворяет почти целому ряду сернистых металлов, считая в них, по прежней теории, два пая металла за один.

§ 45. В 1841 году появилась вторая теория Коппа. [2] Основания ее те же почти, что у Шрёдера, только здесь устранены кратные коэффициенты. Вот законы Коппа, основанием для которых служил [195] закон равных остатков: 1) объем соединения равен сумме объемов

[1] Leopold Gmelin. Handbuch der Chemie, 4 Aufl., Heidelberg. I Bd., 1843, 53, 58 и 65. Мне неизвестна подлинная первая статья Гмелина, но она явилась около 1841 года, что можно судить по критике Коппа. Kopp. Bemerkungen über die Volumtheorie und L. Gmelin's Athomzahlentheorie (Giessen, 290). Pogg. Ann. 1841, LIV—202. В третьем издании своей Химии Гмелин ничего не говорит ни о числе атомов, ни об их объеме.

[2] Kopp. Über das spezifische Gewicht der chemischen Verbindungen. Apr., 1841. Frankf. a. M.

обеих составляющих частей (по дуалистической системе); 2) объем электроотрицательной части соединений не равен объему того же вещества в отдельном состоянии и часто различен для различных соединений, хотя для некоторых соединений и одинаков. Напр., удельные объемы $SCl^2 = 377$, а $SCl = 253$; вычитая из них 96,6 (удельный объем серы), получим объем $Cl^2 = 280$ и 313, т. е. две довольно близкие величины. Вычитая же из объемов Ag^2Cl^2 и Pb^2Cl^2 объемы металлов, найдем, что в них объем $Cl^2 = (322—128) = 194$ и $(300—114) = 186$. Итак Cl^2 входит в соединение с разными объемами. Вот какие величины найдены Коппом: для кислорода $V = 16$ [1] или 64, [2] или в большей части окислов $= 32$; $Cl^2 = 196$ [3] или 245, или 289 (в соединениях с углеродом и серою), или 336 (с синеродом и фосфором); $J^2 = 361$ и 463; $Br^2 = 233$ или 290, или 375; $S = 53$, [4] или 78, [5] или 94 [6] или 110; [7] 3) объем соли равен объ[196]ему металла, сложенному с объемом гипотетического сложного радикала, что предполагает справедливость водородной теории кислот, т. е. сернокислое кали есть K^2+SO^4. Чтоб найти объем этого сложного радикала, должно из объема соли вычесть объем металла. Вычитая из удельного объема $Ag^2N^2O^6$ объем Ag^2, получим $488,2—128,3=359,9$, из свинцовой соли $Pb^2N^2O^6—Pb^2 = 461,6—114,2 = 347,4$. На основании подобных начал Копп находит, что объем N^2O^6 в соединениях $= 358$; $CO^3 = 151$; $SO^4 = 186$ (в солях свинца, калия, бария и стронция); $Cr^2O^4 = 228$ и $W^2O^4 = 244$. На основании этого Копп старается опровергнуть систему строения солей из окислов и безводных кислот. Действительно, если вычитать из объемов Ag^2O, N^2O^5 объем Ag^2O, получим $488—195 = 293$, и точно так же Pb^2O, $N^2O^5—Pb^2O = 462—146 = 316$, т. е. объемы N^2O^5 в обеих солях не равны, а N^2O^6 почти совершенно одинаковы; 4) все тяжелые металлы входят в соединения со свойственным им, в отдельном состоянии, объемом; 5) но щелочные металлы и металлы земель при соединении изменяют свой объем. Чтобы узнать этот измененный объем, должно вычитать из объема соли объем сложного радикала, найденный ранее из солей тяжелых металлов. Так, напр., зная, что объем $N^2O^6 = 358$ и объем $K^2N^2O^6 = 604$, находим, что объем $K^2 = 246$. Таким путем Копп нашел, что объем K [197] в соединениях его $= 234$ (среднее из многих), $Na^2 = 130$, $Am^2 = 238$, $Mg^2 = 40$, $Ca^2 = 60$, $Sr^2 = 108$, $Ba^2 = 143$.

Вообще, по понятиям Коппа, если $W=V'+V''$ (§ 37), то $V=V'+v''$ в соединениях тяжелых металлов или $V=v'+v''$ для соединений легких металлов, где v' есть измененный объем щелочного металла, v'' есть объем солерода, V'—объем тяжелого металла. Заметим, что не

---

[1] В $Cr^{\frac{4}{3}}O$ и SnO.
[2] В Cu^4O, Ag^2O, Hg^4O.
[3] В Pb^2Cl^2, Ag^2Cl^2, Ba^2Cl^2, Na^2Cl^2.
[4] В Ni^2S, Fe^2S^2.
[5] В Pb^2S, Cu^4S, $Mo^{\frac{2}{3}}S$, SnS, $Sb^{\frac{4}{3}}S$.
[6] В Cu^2S, Mn^2S, Zn^2S, Ag^2S, Sn^2S, Hg^2S.
[7] В PtS, Cd^2S.

только основание, но и многие числа этой системы Коппа очень близки к числам и системе, данным Шрёдером (§ 42).

Вот несколько примеров большей или меньшей справедливости предположений Коппа для нескольких окислов и сернистых соединений.

	Ag^2O	Объем	наблюден.	= 194,6,	вычислен.	192,3
	Bi^2O^3	»	»	351	»	368
	Cd^2O	»	»	97,6	»	92,9
	Cr^4O^3	»	»	183	»	141,6
	H^2O	»	»	112,5	»	112,5
	H^2O^2	»	»	146,5	»	144,5
	Cu^4O	»	»	155	»	153,5
	Hg^4O	»	»	264	»	248
	Hg^2O	»	»	121	»	124
	Ti^2O^2	»	»	118,6 121,0 130,6	»	121,4
	Zn^2O	»	»	89,3	»	87,0
	Cd^2S	»	»	190	»	190,9
[198]	Cu^4S	»	»	172	»	167,4
	Zn^2S	»	»	152	»	149
	Cu^2S	»	»	124	»	138,7
	Mn^2S	»	»	136	»	140,4
	Sn^2S	»	»	183	»	194
	Ag^2S	»	»	214	»	222,3

Приведенные числа действительно довольно близки между собою. Из собранных нами фактов мы старались исправить числа, найденные Коппом, но это не принесло выгоды, потому что в законах, служивших основанием системы, есть много ложного и произвольного. Желая узнать справедливость теории Коппа, рассмотрим ее основу.

§ 46. Основанием как этой, так и Шрёдеровой теории служит закон равных остатков (§ 42). Предположим пока, что он вполне справедлив, т. е. что при известных температурах и хороших наблюдениях два соответствующие тела AB и AC дадут равные остатки, если вычтем из их объемов объемы B и C. Можно разве из этого заключить, что полученный остаток показывает объем, занимаемый A в AB и AC? Делая подобное заключение, мы должны думать, что A и B в AB разделены друг от друга и не образуют одного целого. Но сами дуалисты ясно понимают, что мы можем знать только объем сложной частицы, что никто и ничто не может нам показать, какая часть этого объема относится к той или другой составной, по[199]тому что невозможно знать, какая доля пустоты или эфирных атомов принадлежит известному атому материи, составляющей сложную частицу. Эти простые соображения были устранены господствовавшим в то время взглядом на строение газов по объемам. Замечая, что два объема H и один объем O образуют два объема H^2O, старались объяснить это тем, что в парах воды водород занимает один объем (т. е. сокращается в два раза)

так же, как кислород. O = 1 объему и 2H = 1 объему, т. е. H^2O = 2 объемам. Этим очевидно хотели сперва наглядно изъяснить явления, но впоследствии практический прием приняли за теоретическую истину, слово приняли за дело. Мичерлих ясно видел, что оба воззрения на строения газов по объемам (примечание в § 32) могут быть употребляемы в практике, но должны быть изгнаны из теории.

Очевидность этого показывается из одного простого изложения дела. Как думали об газах, так старались объяснить объемы и твердых тел. Для паров

$$H^2O - O = H^2$$

2 об. 1 об. = 1 об.

Точно так же для твердого тела

$$Pb^2O - Pb^2 = O$$

146 об. 114 = 32,

т. е. разность в объемах почитали за объем разности в составах.

[200] Но вы, оставляя в стороне теоретическое мнение, хотите иметь одно практическое правило и за руководство для него берете закон равных остатков. Для газов остатки эти в действительности почти равны между собою, но для тел твердых закон равных остатков вовсе не существует; его могли найти только тогда, когда, составив предварительную теорию, подыскали к ней несколько приближенно удовлетворяющих фактов. Признавая изменчивость объемов щелочных металлов, кислорода и других, сами защитники этой теории отчасти уже опровергали себя. Взявши хорошо известные окислы тяжелых металлов, найдем, для примера, из них объем кислорода. При этом мы каждый раз из объема окиси вычитали объем металла, как делали Копп и Шрёдер.

Из	$Al^{\frac{4}{3}}O$	получается	объем	кислорода	9,8
»	Cd^2O	»	»	»	16,7
»	$Bi^{\frac{2}{3}}O$	»	»	»	26,0
»	$Sb^{\frac{4}{2}}O$	»	»	»	27,0
»	Hg^2O	»	»	»	29,1
»	рутила	»	»	»	30,6
»	Ni^2O	»	»	»	31,5
»	брукита	»	»	»	31,8
»	Pb^2O	»	»	»	31,8
»	Zn^2O	»	»	»	34,3
»	$Fe^{\frac{4}{3}}O$	»	»	»	34,6
»	Cu^2O	»	»	»	35,0

[201]	Из	SiO	получается	объем кислорода	35,4
	»	анатаза	»	» »	36,6
	»	$Fe^{\frac{3}{2}}O$	»	» »	36,3
	»	$Mn^{\frac{4}{3}}O$	»	» »	40,0
	»	As^2O^5	»	» »	40,4
	»	Mn^2O^2	»	» »	43,2
	»	SO^3	»	» »	53,0
	»	As^2O^3	»	» »	54,7
	»	W^2O^3	»	» »	55,5
	»	Cu^4O	»	» »	65,6
	»	Ag^2O	»	» »	66,6
	»	Hg^4O	»	» »	80,2
	»	SO^2	»	» »	89,7
	»	CO^2	»	» »	101,1

Здесь есть несколько пар тел равноостаточных, но, говоря вообще, объем кислорода изменяется от 26 до 66 весьма постепенно и никак не может быть подведен под числа, данные Коппом (32 и 64). Несогласие теории с практикой не могут изъяснить, в этом случае, никакие побочные обстоятельства. Упомянем еще о некоторых неверных следствиях, вытекающих из закона равных остатков: 1) Если два тела — металл A и металлоид B—образуют два соединения A+B и A+2B, то разность их должна быть равна объему B, и также разности объемов (A+B) — A и также $\frac{(A+2B)-A}{2}$. Этого в действительности нет почти никогда. 2) Раз[202]ность объемов окислов двух металлов должна быть равна разности объемов солей тех же металлов. 3) Разности объемов соответствующих соединений двух металлов также должны бы быть одинаковы. Все это факты не подтверждают.

Итак мы не можем признать справедливым закон равноостаточности. А отвергнув начало, мы не можем признать его следствий. Впрочем, если бы мы и признали упомянутое начало, все же должны бы были отвергнуть каждое из последующих правил Коппа. Неверность первого закона мы уже рассмотрели. Изменчивость объема одних электроотрицательных тел (закон второй) мы также не можем признать, потому что нам не понятна и не утверждена фактами изменчивость только одного, а не обоих составляющих тел. Отчего (4 и 5 законы) неудовлетворительные случаи из соединения тяжелых металлов изъясняются изменением объема металлоида, а для соединений металлов щелочных земель — изменением объема металла? Здесь Копп впадает в ту же ошибку, которую указал сам у Шрёдера — произволом решает одно уравнение с двумя неизвестными ($V=v'+v''$). Притом числа, данные Коппом для объемов щелочных металлов, вовсе не удовлетворяют объемам окислов, например, объем калия (234) в соединении более объема окиси калия (221). Удельные объемы никак не могут быть приводимы в защиту водородной теории кислот (закон

третий), [203] как то заметил Лёвиг [1] Шрёдеру (§ 42) и Филёль [2] Коппу. Действительно, если разность объемов $Ag^2N^2O^6$—Ag^2=$Pb^2N^2O^6$—Pb^2= =353 и Cu^2SO^4—Cu^2=Zn^2SO^4—Zn^2=204, то и Cu^2SO^4—Cu^2O=Zn^2SO^4— —Zn^2O=236, что показывает возможность объяснения объемного строения солей из окислов и кислот, что подтверждается еще и следующими фактами: объемы $Pb^2N^2O^6$—Pb^2O=$Sr^2N^2O^6$—Sr^2O=$Ba^2N^2O^6$—Ba^2O= почти 326. Филёль показал, что с равной вероятностию можно изъяснять объем солей суммою объемов металла, кислорода и безводной кислоты. Плейфр и Джуль показали, что объем некоторых солей почти равен сумме объемов окиси и безводной кислоты, например, для хромовокислого кали. При всем этом разности, почитаемые Коппом за одинаковые, значительно изменяются в величине. Все эти недостатки теории Коппа усиливаются тем, что аналогическим соединениям приписывается различное строение.

После всего этого невольно рождается вопрос: как же возможно было подобное систематическое заблуждение, и что привело к этому заблуждению? Прежде всего причиною этому была теория, составленная заранее. Впрочем сам Копп считал свои числа и законы только первою попыткою, требующею даль[204]нейших подтверждений. Заметим, однако, здесь, кстати и обо всех почти других трудах по этому предмету, что каждый исследователь поверял свое мнение над удельным весом, а не над объемом. Оттого значительные ошибки прикрывались малостию величины удельного веса. Положим для примера, что вздумалось нам утверждать, что удельные объемы Fe^4S, Zn^2S, Ni^4S, $As^{\frac{2}{3}}S$ и $Sb^{\frac{4}{3}}S$ равны 155, чего в действительности нет:

Fe^4S	Выч.	Δ = 5,8,	если	об. = 155;	набл.	Δ = 5,80	и	об. = 155
Zn^2S	»	Δ = 3,9,	»	» = 155;	»	Δ = 4,00	»	» = 152
Ni^4S	»	Δ = 6,0,	»	» = 155;	»	Δ = 6,05	»	» = 153
$As^{\frac{2}{3}}S$	»	Δ = 3,3,	»	» = 155;	»	Δ = 3,42	»	» = 150
$Sb^{\frac{4}{3}}S$	»	Δ = 4,7,	»	» = 155;	»	Δ = 4,69	»	» = 155

Мы можем из этого заключить, что действительно удельный объем всех приведенных пяти тел = 155, но это будет простым обманом самих себя, потому что истинные удельные объемы не равны 155 и ни одна идея не подкрепляет нашего предположения.

Возьмем несколько примеров по правилам Коппа:

Cu^4O	Выч.	Δ = 5,8,	если	об. = 153,4;	набл.	Δ = 5,76	и	об. = 155
Cu^2O	»	Δ = 6,4,	»	» = 76,7;	»	Δ = 6,22	»	» = 79,7
Hg^2O	»	Δ = 10,9,	»	» = 124;	»	Δ = 11,15	»	» = 121
Hg^2Cl^2	»	Δ = 5,0,	»	» = 337;	»	Δ = 5,32	»	» = 318

[1] Löwig. Journ. f. prakt. Chem. XXII—244.
[2] Filhöl. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XXI—415.

Видевши близость вычисленного удельного веса к истинному, невольно предполагаем теорию вычисления верною. В этом лежит главная ошибка: Монтицон, Купфер, Персо, Копп раза три, Аммер [205] мюллер, Гмелин, Шрöдер, Бодримон, Лöвиг, Авогадро, Плейфр и Джуль, Эйнбродт, Гросганс и Гунт — каждый на свой манер, по своей особой теории, вычисляли удельный вес многих тел и каждый имел довольно близкие результаты, чтоб убедиться в некоторой справедливости своих оснований. Для изъяснения малых неточностей призывали в помощь температуру и побочные обстоятельства. Этим способом мы можем доказать любой взгляд на предмет, особенно если довольно ловко изберем средние величины и положим их в основу вычисления.

Так положим, для примера, что объем кислорода в Hg^2O, TiO, Pb^2O, Zn^2O, Cu^2O, SiO, Mn^2O^2 и др. равен 34. Тогда мы вычислим удельные объемы названных окислов довольно приближенно, потому что мы взяли почти среднее из величины объема кислорода всех их (смотри предыдущую таблицу), а поверяя вычисление над удельным весом, еще легче обманем мы себя. Доказательством этого обмана служит особенно то, что, принявши число 30 или 38, мы также можем вычислить, более или менее приближенно, объемы для некоторых из названных окислов.

Несомненно, что каждая теория должна иметь твердое основание, согласное с фактами и современными идеями. В теории Коппа основа (равноостаточность) не утверждается фактами и не согласуется ни с одним [206] из неложных наших понятий; потому вся теория есть одно только насилование фактов.

В каждой из следующих теорий мы рассмотрим прежде всего ее основу, и из этого рассмотрения выйдет суждение о теории.

Изложенная теория Коппа имеет, несмотря на свою ложность, некоторые достоинства, в ней чисто натур-философские методы Шрöдера (кратных объемов) и Персо, равно как и чисто эмпирические методы Монтицона, Купфера и Гмелина слиты в новый метод, где умозрение дало главный закон (закон суммы), а факты — все побочные.

§ 47. Шрöдер, [1] приняв некоторые из замечаний Коппа [2] и, вероятно, видевши в своей первой теории ошибочность основы, дал новую теорию объемного строения твердых тел, основанную на исследовании изменения удельного объема, происходящего при соединении. Шрöдер исследовал разность объемов смеси и соединения (W—V=x, § 37), подобно тому, как Копп в первой своей теории (§ 40) исследовал отношение этих объемов (V=y.W). Шрöдер полагает, что объемы всех тел при известных температурах делятся на 4. Так он полагает, что все простые тела при температуре, столь далеко отстоящей от температуры плавления, как наша обы[207]кновенная температура отстоит от красного каления, что при этой температуре имеют объем, делимый на 4. Эти объемы назовем теоретическими. Такие теоретические удель-

[1] Schröder. Die Molecularvolume der chemisch. Verbindungen in festem und flüssig. Zustande. Mannheim, 1843.

[2] Kopp. Pogg. Ann. LII—243.

ные объемы совершенно произвольны, что объяснил Копп, [1] показавши, что с равною вероятностью можно принять делимость объемов на 3. Нам кажется, что с такой же вероятностью можно принять, что теоретические объемы делятся на 5.

	Удельн. объемы	Теоретические объемы по Шрёдеру	Теоретически-возможные объемы по Коппу	Теоретически-возможные объемы
Fe	44,6	44 = 11 × 4	45 = 15 × 3	45 = 9 × 5
Au	127,1	128 = 32 × 4	132 = 44 × 3	130 = 26 × 5
Ir	56,7	52 = 13 × 4	60 = 20 × 3	55 = 11 × 5
C	21,1	20 = 5 × 4	21 = 7 × 3	20 = 4 × 5
Cu	44,7	44 = 11 × 4	45 = 15 × 3	45 = 9 × 5
Ag	128,3	128 = 32 × 4	129 = 43 × 3	130 = 26 × 5

Дальнейшие замечания на упомянутое предположение Шрёдера будут кажется излишними.

Далее Шрёдер полагает, что разность удельных объемов соединения и смеси должна делиться на 4, т. е. W—V=M×4, где M может быть положительною и отрицательною величиною. При этом [208] Шрёдер предполагает, что объем каждого тела как вне соединения, так и в соединении делится на 4.

Объемы гипотетических тел (SO^4, CO^3 и т. д.) находятся так: из объема каждого из соединений этого тела вычитается объем соответствующей известной составной части; остаток = 4 × M (разность) + + 4 × x (объем гипотетического тела). V — V′ = 4m + 4x = 4 (m+x), где ни m, ни x не известны. Шрёдер решает это уравнение, а Копп показывает совершенную произвольность этого решения и возможность нескольких других.

Последнее тем очевиднее, что сходство нисколько не утверждает правил Шрёдера. Приведем несколько примеров:

	Вычисленный объем	Вычисленный V	Вычисленный Δ	Наблюденный Δ
Cu^4O	88 + 64 — 0 = 152	— 5,87,	а 155	и 5,76
Cu^2O	44 + 64 — 32 = 76	— 6,53,	» 79,7	» 6,22
Fe^2O^3	88 + 192 — 96 = 184	— 5,32,	» 193,8	» 5,15
Cd^2S	80 + 100 — 8 = 188	— 4,78,	» 190	» 4,71
Pb^2S	112 + 100 — 16 = 196	— 7,63,	» 198	» 7,57

Шрёдер принимает объем CO^3=172, а Копп [2] показал возможность объема равного 188, или 156, или вообще 172±4×n.

Главный недостаток новой теории Шрёдера есть совершенное устранение точного опыта и опора на од[209]них гипотезах, которые

[1] Kopp. Bemerkungen zur Volumentheorie mit specieller Beziehung auf H. Profess. Schröder's Schrift «Die Molecularvolume d. Chem. Verbind. 1843». Braunschweig, 1844. Взаимные нападения занимали большую часть всех произведений Коппа и Шрёдера и отличались подробною критикою частных обстоятельств и мелких вопросов.

[2] Kopp. Bemerkungen z. Volumentheorie etc.

автор не старался подтвердить чем-либо. Единственная особенность этой системы состоит в том, что вся она проникнута мыслию о влиянии температуры.

§ 48. Перейдем теперь к удельным объемам жидких органических соединений, к предмету, более точно исследованному и потому допускающему более строгую критику. Действительно удельный вес жидких тел менее изменчив (§ 22) и лучше изучен, а состав большей части органических тел, по совершенству анализа, известен весьма точно; притом весьма многие из них переходят в пары. Эти выгоды, облегчающие изучение объемов органических соединений, значительно уменьшаются малою величиною их удельного веса, так что найденный по теории удельный вес и наблюденный на первый взгляд кажутся очень близкими.

Оттого мы станем поверять все теории по удельным объемам, а не по удельному весу.

§ 49. Еще в начале 1842 года Копп [1] показал, что разность удельных объемов двух соединений одинакова, если разность их состава также одинакова. Впоследствии Копп разъяснил и распространил этот закон. Так разность состава ки[210]слот и их эфилевых соединений есть C^2H^4 (например, уксуснокислый эфиль, $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$ и уксусная кислота, $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O$), а разность их объемов, по Коппу, равна 267. Этот закон есть приложение закона равноостаточности к органическим соединениям.

В 1843 году Копп [2] стал развивать предположение Авогадро, [3] Персо [4] и Шрёдера [5] о том, что удельные объемы должны быть сравниваемы при тех температурах, при которых упругость паров одинакова. Таковы, напр., температуры кипения или, полагая закон Дальтона справед[211]ливым (§ 23), температуры, равно отстоящие от точки кипения.

Вот два основных закона, послужившие опорою для всех теорий объемов жидких тел. Рассмотрим сперва второй закон.

---

[1] Kopp. Ueber Vorausbestimmung einiger physikalischen Eigenschaften bei mehreren Reihen organischer Verbindungen. 1842. Lieb. und Wöhl. Ann. XLI—79 и 169. Pogg. Ann. LVI—207.

[2] H. Kopp (Privatdocent d. Physik und Chemie zu Giessen). Ueber die Berücksichtigung der Temperatur bei Vergleichung der spezifischen Volume. 1842. Pogg. Ann. LVI—371. Berzelius Jahresbericht XXIII—I. Kopp. Ueber Verbindung nach Volumen von Aether mit Wasser zu Alkool. Lieb. Ann. 1843. XLVI—215. Kopp. Recherches sur les temperatures ou les volumes spécifiques des diff. subst. sont comparables. Ann. d. Chim. et Phys. (3) VII—389. Rieckher. Tabelle über die phys. Eigenschaft. org. Verb. Lieb. Ann. XLVI—222.

[3] Avogadro (Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIV—330) упоминает о том, что он в 1829 году (Записки Туринской Акад. T. III; Bullet. d. Scien. de Ferussac, 1829) советовал сравнивать объемы при точке кипения.

[4] Persoz. Introduct. a l'etud. d. Chim. molecul. 1839, 226.

[5] Schröder. Pogg. Ann. 1841, LII—288.

Копп говорит, что при температурах кипения сумма удельных объемов эфира $C^4H^{10}O$ и воды H^2O равна удельному объему спирта $C^4H^{12}O^2$, а при обыкновенных температурах этого равенства не существует.

	При обыкн. температуре	При точке кипения
Удельный объем воды	112,5	117,37
Удельный объем эфира	638,1	663,75
Сумма обоих	750,6	781,12
Два удельных объема алькооля	719,6	776,6
разность . . .	31,0	4,52

Итак, при температуре кипения получена разность почти в 7 раз меньше, но ее никак нельзя полагать равною нулю, что доказали многочисленные наблюдения. Возьмем теперь другие примеры из приведенных Коппом.

				При точке кипения	При обыкн. температуре
Уксусная кислота	C^2H^3O, H	O	Уд. объем	397,8	352,8
Спирт	C^2H^5, H	O		388,3	359,8
Разность				+9,2	—7,0
[212] Безводная уксусная кислота	C^2H^3O, C^2H^3O	O		687,5	592,5
Уксуснокислый эфиль	C^2H^3O, C^2H^5	O		669	611,1
Разность				+18,5	—18,6
Валериановая кислота	C^5H^9O, H	O		816,5	680,3
Амильалькооль	C^5H^{11}, H	O		775	673,2
Разность				+41,5	+7,1
Маслянокислый метиль	C^4H^7O, H	O		790,6	681
Амильалькооль	C^5H^{11}, H	O		775	673,2
Разность				+15,6	+7,8

Ограничимся пока этими четырьмя примерами, потому что мы взяли первые попавшиеся нам. Мы заимствовали их из того же самого

мемуара [1] Коппа, где он утверждает, что приведенные выше пàры должны иметь, при температуре кипения, равные удельные объемы. Но мы видим, что этого нет, т. е. нет особенной выгоды сравнивать удельные объемы многих тел при температуре кипения. Это мог видеть сам Копп, но увлеченный кажущимся равенством объемов эфира и воды с объемом спирта, Копп тогда же решил, что удельные объемы должно сравнивать при температуре кипения. Из [213] этого наука извлекла однако одну очень важную пользу, — сам Копп и многие другие стали точно исследовать удельный вес многих жидких тел, при различных температурах. Если нет никакой выгоды сравнивать удельные объемы при точке кипения, то тем вероятнее, что нет никакой выгоды сравнивать их при так называемых соответствующих температурах, т. е. равно далеких от точки кипения; тем более, что сам закон Дальтона несправедлив. [2] Если ко всему этому присовокупим трудность наблюдения удельного веса при самой точке кипения и многие противоречия в показаниях, то мы увидим, что нет ни выгоды, ни возможности *постоянно* руководствоваться удельными [214] объемами при точке кипения. Да в этом и нет никакой нужды, потому что Коппу и другим исследователям нужно было обстоятельство, сглаживающее ошибку их теорий, а температура кипения в немногих только случаях уменьшает разность удельных объемов; в других же случаях при этом условии разность увеличивается.

Шрöдер, например, говорил, что при этой температуре удельные объемы всех тел находятся в простых отношениях. [3] Удельные объемы спирта, эфира и воды относятся между собою, как полагал Шрöдер в 1843 году[4] = 10 : 17 : 3, а в 1844 году [5] = 12 : 20 : 4. Этого не оправдывают опыты. Истинное отношение объемов воды, спирта и эфира =117,37 : : 388,3 : 663,75=1 : 2,88 : 5,655, а по первому взгляду Шрöдера=1 : 3,33 : : 5,66, по второму же = 1 : 3,0 : 5,0. Каждый раз истинность гипотезы поверяли удельным весом. Отсутствие простого отношения между объемами тел при точке кипения ясно можно видеть при сравнении точно известных удельных объемов воды и ртути (§ 24 и табл. 2 № 19 и 202).

[215] Все это заставило нас оставить общеупотребительное сравнение удельного объема жидких тел при температурах кипения.

---

[1] Kopp. Lieb. Ann. 1855, XCVI—1 и 153.

[2] Avogadro, Faraday, Clasius (Pogg. Ann. LXXXII—274), Cahours доказали (§ 23) несправедливость Дальтонова закона как по отношению к упругости, так и по отношению к удельному весу. Сверх этого можно, против важности температур кипения, привести их изменчивость, смотря по давлению и содержанию воздуха. Donny (Ueber die Cohäsion der Flüssigkeiten und deren Adhäsion an starren Körpern. Pogg. Ann. 1846. LXVII—562), при обыкновенном давлении, доводил воду до 135°, и она не закипала, если, по возможности, совершенно лишена была воздуха. Это явление он объясняет так: пары образуются только на поверхности, а в самой жидкости не могут преодолеть сцепления ее частиц; кипение есть удаление малейших пузырьков воздуха, на поверхности которых выделяется много паров; потому совершенное удаление воздуха повышает температуру кипения до тех пор, пока упругость паров не уравновесит сцепления.

[3] Schröder. Pogg. Ann. LII—288.

[4] Schröder. Molecularvolume d. chem. Verbindungen, 1843, 125.

[5] Schröder. Die Siedhitze d. chem. Verbind. Mannheim, 1844, 130.

Но мы вовсе не отвергаем того, что в некоторых случаях это сравнение будет полезно, мы только говорим, что *до сих пор* строгие опыты не дают преимущества удельным объемам при точке кипения над удельными объемами при обыкновенной температуре. А без фактической основы, руководствуясь каким-либо соображением, мы не можем и не должны вводить что-либо в науку. Недостаток опытов над удельным весом при точке кипения и постоянные наблюдения над удельным весом при обыкновенной температуре еще больше утверждают нашу решимость брать для сравнения удельные объемы при обыкновенной температуре.

§ 50. Начавши речь о влиянии температуры на точность исследований удельного объема, рассмотрим здесь те оговорки, какие делали при исследовании удельного объема твердых тел. Шрöдер [1] и Копп [2] говорили, что объемы простых и сложных твердых тел должно сравнивать при температурах плавления или при температурах, равно от них отстоящих. Для других тел советовали брать удельные объемы при температурах кипения. Значит есть две температуры, при которых срав[216]нение объемов должно быть производимо. Не говоря о трудностях наблюдения удельного веса при температурах плавления (§ 21), заметим, что тогда наблюдается двоякий удельный вес твердого и жидкого тела. Который же мы должны взять? Опыт говорит, что нет выгоды брать ни в том, ни в другом состоянии, что можно видеть из следующих известных мне данных:

	Удельн. объем при обыкновенной температуре	Точка плавления	Удельный объем при точке плавления	
			Твердого	Жидкого
Иод (по Billet) . . .	321,3	107°	$\frac{1584}{4,825}=328$	$\frac{1584}{4,004}=396$
Фосфор (по Kopp) . .	215,4	44°	$\frac{390}{1,70}=229$	$\frac{390}{1,65}=236$
Сера (Kopp, Playfair and Joule)	101,5 и 96,6	115°	$\frac{200}{1,9}=105,8$	$\frac{200}{1,80}=111,1$
Олово Playfairand Joule	99,6	235°	»	$\frac{727}{6,93}=105$
Сурьма (они же) . .	119,8	432°	»	$\frac{806}{6,59}=128$
Цинк (они же) . . .	55,0	415°	»	$\frac{458}{6,51}=62$
Свинец (они же) . .	114,2	326°	»	$\frac{1294}{10,5}=123$
[217] *Калий* (они же)	560,9	58°	$\frac{200}{1,9}=105,8$	$\frac{488}{0,84}=580,9$
Ртуть (они же) . .	91,9	40°	$\frac{1250}{14,67}=85,2$	»
Медь (они же) . . .	44,7	1050°	»	$\frac{396}{7,27}=54,4$
Серебро (они же) . .	128,3	1000°	»	$\frac{1350}{9,21}=147$

[1] Schröder. Pogg. Ann. 1841, LII—282.
[2] Kopp. Pogg. Ann. 1842, LVI—379.

[219] Приведем несколько примеров:

Разность состава	Разность объемов при обыкновенной температуре	Разность объемов при точке кипения
Алькоголь и древесный спирт: $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right\}O=CH^2$	359,8 — 248,8 = 111,0	388,3 — 264 = 124,3
Сивушное масло и алькоголь: $\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O=3(CH^2)$	673,2 — 359,8 = 3 (104,5)	775 — 388 = 3 (129)
Уксусно- и муравьинокислый эфиль: $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}CHO\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O=CH^2$	611,1 — 509,3 = 101,8	669 — 530 = 139
Валериановокислые эфиль и метиль: $\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\CH^3\end{matrix}\right\}O=CH^2$	928 — 818 = 110	1085 — 932 = 153
Валериановокислый метиль и уксуснокислый эфиль: $\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\CH^3\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O=2(CH^2)$	818 — 611 = 2 (103)	932 — 669 = 2 (132)
Сивушное масло и уксуснокислый эфиль: $\left(\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\H\end{matrix}\right\}O\right)\times 2-\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O=6(CH^2)$	1346,4 — 611,1 = 6 (122)	1550 — 669 = 6 (130)
Алькоголь и вода: $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O=2(CH^2)$	359,8 — 112,5 = 2 (123,6)	388,3 — 117,4 = 2 (130,4)

Разность состава	Разность объемов при обыкновенной температуре	Разность объемов при точке кипения
[220] Уксуснокислый метил и уксусная кислота: $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O=CH^2$	509,3 — 352,8 = 156,5	530 — 398 = 132
Масляная к-та и муравьинокислый метил: $\left.\begin{matrix}C^4H^7O\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}CHO\\CH^3\end{matrix}\right\}O=2(CH^2)$	664 — 384 = 2(140)	670 — 397 = 2(137)
Ацетон и альдегид: $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\}-\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}=CH^2$	444 — 345 = 99	485 — 348 = 137
Уксусная и муравьиная к-ты: $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}CHO\\H\end{matrix}\right\}O=CH^2$	352,8 — 235,4 = 117,4	397,5 — 259 = 138,5
Бензильалькооль и алькооль: $\left.\begin{matrix}C^7H^7\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O=C^5H^2$	643 — 360 = 283	773 — 388 = 385
Феноль и древесный спирт: $\left.\begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right\}O=C^5H^2$	554 — 249 = 305	649 — 264 = 385
Бензойная к-та и уксусная:[1] $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}O-\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O=C^5H^2$	705 — 353 = 352	793 — 327 = 466

[1] Мы привели показания удельного объема при обыкновенной температуре и при точке кипения и замечаем, что при последней разность менее изменяется. Для CH^2 она изменяется при обыкновенной температуре от 99 до 156, а при точке кипения от 153 до 124, обыкновенная разность при обыкновенной температуре равна 110, а при точке кипения 137.

Хотя эти данные не дают никакого права предпочитать другим удельные объемы при температурах плавления, между тем Копп и Шрöдер принимают, что тогда близкие объемы (напр., Cu, Fe, Ni и др., Pt, Pl, Ir и т. д.) станут совершенно равны. Это они не находят на основании фактов, а принимают для того, чтобы иметь возможность оправдать недостатки своих теорий. От того-то иногда они указывают на температуру плавления, иногда на температуру кипения или какую-нибудь другую соответствующую (correspondierende Temp.). Забывают при этом одно, что разнообразием таких посылок они уже опровергают сами себя. На основании различных предположений о значении температуры вводили в исследования объемов коэффициент кубического расширения тел. [1]

[218] Итак не было никакого фактического повода для сравнения удельных объемов при соответствующих температурах, потому они должны быть отстранены. Всему в этом деле были причиною не совсем точные исследования Гей Люссака, [2] введшие Персо в заблуждение, а за ним Шрöдера и Коппа, да еще предположение о том, что в переходном состоянии тела имеют наиболее правильное объемное строение.

§ 51. Обратимся теперь к другому началу всех теорий о строении жидких органических тел по объемам. Копп вначале [3] исследовал разность удельных объемов в аналогических соединениях и нашел, что *равная разность в составе определяет одинаковую разность в объемах.* Впоследствии [4] Копп распространил это прекрасное и почти справедливое правило на все соединения без исключения [см. табл. стр. 218—219].

[221]Вот данные, которыми можно подтвердить то, *что одинаковая разность в составе тел аналогических определяет почти одинаковую разность в удельных объемах.* Копп не остановился на этом, а пошел далее. 1) Он положил прежде всего, что эти остатки, при соответствующих температурах, должны быть совершенно равны, что невозможно допустить. Копп признает, что разность в составе на CH^2 определяет в объеме разность в 117, [5] 130 [6] и наконец после многих перемен 137. [7] Для той же величины Миллер [8] дал число 114, Лö-

[1] Schröder. Pogg. Ann. L—598, LII—282. Kopp. LVI—371. Копп полагал, что коэффициент кубического расширения обратно пропорционален удельному объему, если взять его при соответственных температурах. Еще Персо (Introduct. à la Ch. molecul., 263) старался отыскать подобное же отношение. Шрöдер назвал произведение из коэффициента кубического расширения тел и удельного объема, коэффициентом кубического расширения атома и полагал, что этот коэффициент для всех тел, твердых, жидких и газообразных, делится на 0,16. Притом Шрöдер полагал, что чем больше коэффициент кубического расширения атома, тем легкоплавче тело. Все эти положения найдены из двух, трех примеров и не утверждаются опытом, для чего мы собрали многие данные, но не приводим их, потому что все необходимое для них есть в нашей 2 таблице.

[2] Gay-Lussac. Ann. d. Chim. et Phys. (1) II—130.

[3] Kopp. Lieb. Ann. XLI—79, 169.

[4] Kopp. Lieb. Ann. L — 71.

[5] Kopp. Lieb. Ann. 1844, L—71.

[6] Kopp. Supplem. zum Handwörterb. d. Chem. v. Lieb., Pogg. u. Wöhler. Artik. Atomvolum.

[7] Kopp. Lieb. Ann. 1855, XCVI—1, 153.

[8] Miller. Chemic. Soc. Quarterl. Journ. I—363.

виг [1] полагал, что она изменяется от 102 до 150, Шрöдер полагал ее [2] равною 120. Все эти несогласия показывают произвольность предположения, что эта разность совершенно постоянна. 2) Копп стал считать остаток, полученный при вычитании объемов двух тел, за объем разности состава, т. е. 137, по его мнению, показывает объем CH^2 во всех соединениях. 3) Потому он считал, что объем каждого простого и сложного тела [222] во всех соединениях одинаков. Лöвиг [3] опроверг это многими прекрасными доказательствами. Шрöдер показал то же самое, да и сам Копп в прошлом году (в 1855) принял уже, что объем кислорода имеет двоякую величину.

Вот несколько примеров, из которых можно видеть, что мнение о постоянстве объема простых тел несправедливо. Поступаем при этом так, как поступали при этом все исследователи этого предмета, т. е. считаем разность объемов за объем разности в составе. Берем, по примеру Коппа и других, объемы при температуре кипения.

$$\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\} = CH^4. \quad 664 - 485 = 179$$

эфир — ацетон — 1 разн. — об. перв. разн. CH^4

$$\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right\} = CH^2. \quad 388 - 264 = 124$$

спирт — древ. спирт — 2 разность — объем CH^2

$$CH^4 - CH^2 = H^2. \quad 179 - 124 = 55$$

1 разность — 2 разность — 3 разность — объем H^2

$$CH^2 - H^2 = C. \quad 124 - 55 = 69$$

2 разность — 3 разность — 4 разность — объем C

[223] $$\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O - 4(CH^2) - H^2 = O. \quad 664 - 551 = 113$$

эфир — 2 разность — 3 разность — 5 разность — объем O

$$\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\} - 3(CH^2) = O. \quad 485 - 372 = 113$$

ацетон — 2 разность — 6 разность — объем O

$$\left.\begin{matrix}C^2H^5O\\H\end{matrix}\right\}O - 2(CH^2) - H^2 = O. \quad 388 - 303 = 85$$

спирт — 2 разность — 3 разность — 7 разность — объем O

---

[1] Löwig. Pogg. Ann. 1846, LXVIII—51.
[2] Schröder. Pogg. Ann. 1844, LXII—184, 337.
[3] Löwig. Chemie d. organ. Verbind. 1844, I Bd. Pogg. Ann. LXIV—209, 515, LXVIII—51.

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right\}O - CH^4 = O. \quad 264 - 179 = 85$$

древесн. спирт — 1 разность — 8 разность — объем O

Т. е. объемы C = 69; H = 27,5 и O = 85 и 112.
Т. е. объем кислорода не одинаков во всех 4-х соединениях. Возьмем другой пример:

$$\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}O - \left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\} = O. \quad 793 - 740 = 53$$

бензойная кислота — горькоминдальн. масло — 1 разность

$$H^2O \quad -O = H^2. \quad 117 - 53 = 64$$

вода — 1 разность — 2 разность

$$\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}O - 3(H.^2) - 2(O) = C^7. \quad 793 - 298 = 495$$

бензойн. кислота — 2 разность — 1 разность — 3 разность

Т. е. C = 70,8; H = 32; O = 53. Если возьмем еще новые тела, получим еще иные величины объе[224]мов C, H и O. Вычисляя объемы по вторым или по первым величинам, мы все-таки получим довольно близкие числа:

		По первым величинам C, H и O	По вторым	По наблюдению
Удельн. объем эфира	4C + 10H + O	663	657	664
Алькоголь	2C + 6H + O	388	387	388
Коричное масло	10C + 14H	1075	1157	1153
Окись ацетиля	4C + 6H + 3O	696	635	687

Вот различные величины объема C, H и O, найденные в разные времена различными исследователями.

	Шрöдер [1]	Копп [2]	Копп [3]	Лöвиг [4]	Шрöдер [5]
C	—	—	78,0 = 8 (9,75)	64	64,87
H	39,3	42,5	29,2 = 3 (9,75)	27	32,43
O	33,8	16 и 32 и 64	58,5 = 6 (9,75)	99,5	64,87

[1] Schröder. Pogg. Ann. 1840, L—553.
[2] Kopp. Ueber das spez. Gew. d. chem. Verbind. 1841.
[3] Kopp. Ueber den Zusammenhang zwischen der chemischen Konstitution und einigen physikalischen Eigenschaften bei flüssigen Verbindungen. Jun. 1844. Lieb. u. Wöhl. Ann. L—71.
[4] Löwig. 1) Einige Betrachtungen über d. physikalisch-chemischen Eigensch. organ. Verbindungen. Zürich, 1844. 2) Chemie d. organ. Verbindungen, 2 Aufl. 1844.

	[225] Лёвиг [1]	Коп [2]	Коп [3]	[4]
C	4 и $6 \times 22{,}87$	58,7	68,7	69 и 71
H	$1{,}1\ \frac{1}{2}$ и $2 \times 22{,}87$	39,4	34,3	27,5 и 32
O	$0{,}4$ и $6 \times 22{,}87$	38,7	76 и 3 и 48,7	53 и 85 и 112

[226]Не находим, что прибавлять еще к исследованию об удельном объеме жидких тел. Очевидны все противоречия, кажущиеся согласия вычисленного удельного веса с истинным, недостаток твердой опоры во всех этих теориях, ни со стороны основных законов, ни со стороны способов применения их. Это очевидно потому, что все теории весьма сходны с теориею Коппа, или, правильнее, с первою теориею Шрёдера (§ 42), а мы показали, сколь ложное следствие выведено было Коппом из его первого закона и как разноречивы выводы различных исследователей.

Заметим еще некоторые следствия теории удельных объемов жидких тел: 4) изомерные соединения имеют равные удельные объемы, и 5) полимерные тела имеют объем пропорциональный весу частицы, т. е. вообще удельный вес нескольких изомерных и полимерных тел одинаков. Это замечено было [227] уже давно. [5] Копп оправдывал

Zürich und Winterthur I Bd. 3) Ueber den Zusammenhang zwischen den Atomvolumeu und Atomgewichten der flüssigen org. Verb. Pogg. Ann. 1845, LXIV—209, 515. 4) Pogg. Ann. LXVI—250.

[5] Schröder. Die Siedhitze d. chemischen Verbindungen, als das vesentlichste Kennzeichen zur Ermittlung ihrer Komponenten nebst vollständigen Beweisen für die Theorie der Molecularvolume der Flüssigkeiten. Mannheim. 1844 (Mai). Извлечение в Pogg. Ann. 1844, LXII—184 и 337. В этом, как и в предыдущем труде (см. примеч. к § 49), Шрёдер полагал, что объемы O, H^2 и C одинаковы. Этот взгляд имеет преимущество большой простоты.

[1] Löwig. Pogg. Ann. 1846, LXVIII—51. Доказавши, что объем простых тел изменчив, Лёвиг принял, что объем кислорода бывает = 0 или $4 \times 22{,}87$ или $6 \times 22{,}87$. Ему возражал Kopp. Pogg. Ann. LXIX—506.

[2] Kopp. Ueber die spez. Volume flüssiger Verb. Lieb. Ann. 1854, XCII—1. Archiv. d. Scien. phys. et natur. Gen. 1855. Mar. 200.

[3] Kopp. Beiträge zur Stöchiometrie der physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen, 1855. Lieb. Ann. (Oct., Nov. и Dec.) XCVI—1, 153 и 303. Также: Kopp. Relations entre la composition chimique et le point d'ebullition et de la densité des corps organiques. Compt. Rend. Acad. XLI—186. Принявши теорию Жерара, Копп отличил объем кислорода вне радикала (48,7) и в радикале (76,3), напр., в воде и ацетоне, в спирте и горькоминдальном масле. Начала этого последнего труда видны и в Kopp. Ueber die Abhängigkeit des Siedpunkts und d. spez. Volums flüss. Verb. von chemischen Zusammensetzung. Lieb. Ann. 1855, XCVI—121.

[4] Под этим мы обозначили только-что найденные нами величины объемов C, H и O. Чтобы пополнить приведенную литературу удельных объемов жидких соединений, упомянем еще о некоторых произведениях: Schröder. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIII—157. Шрёдерова теория удельных объемов. Schröder. Ueber die Siedhitze d. chem. Verbind. Pogg. Ann. LXIV—96, 361; LXVII—45. Kopp. Ueber Siedpunktsregelmässigkeiten und daraus abgeleitete Folgerungen, sowie üb. d. Theorie der spec. Volume d. Flüssigkeiten. 1844. Pogg. Ann. LXIII—283. Kopp. Bemerkungen zur Volumentheorie etc. (прим. № 176). 1844.

[5] Давно было замечено, что полимерные и изомерные соединения имеют одинаковый удельный вес, а Aubergier первый показал, что с приближением к точке кипения разность удельного веса становится еще меньшею. Это был первый намек на значение удельного веса при точке кипения.

это явление тем, что одинаковый элементарный состав определяет и равные объемы. Вот несколько примеров:

		Уд. объем при обыкнов. температуре	При точке кипения
Двухлористый эфилен	$C^2H^4Cl^2$	V = 490	
Хлористый хлороэфиль	C^2H^4ClCl	V = 528	
Двухлористый хлороэфилен	$C^2H^3Cl Cl^2$	V = 588	
Хлористый двухлороэфиль	$C^2H^3Cl^2Cl$	V = 609	
Муравьинокислый эфиль	$CHO\,C^2H^5\}O$	V = 500	V′ = 534 [1]
Уксуснокислый метиль	$C^2H^3O\,CH^3\}O$	V = 509	V′ = 530
Уксусная кислота	$C^2H^3O\,H\}O$	V = 353	V′ = 397
Муравьинокислый метиль	$CHO\,CH^3\}O$	V = 384	V′ = 397
[228] Маслянокислый метиль	$C^4H^7O\,C^4H^3\}O$	V = 681	V′ = 791
Валериановая кислота	$C^5H^9O\,H\}O$	V = 680	V′ = 816
Валериановокислый метиль	$C^5H^9O\,CH^3\}O$	V = 818	V′ = 932
Маслянокислый эфиль	$C^4H^7O\,C^2H^5\}O$	V = 809	V′ = 933
Муравьинокислый амиль	$CHO\,C^5H^{11}\}O$	V = 825	V′ = 937
Уксуснокислый тетриль	$C^2H^3O\,C^4H^9\}O$	V = 819	V′ = 933

[1] Если для одних из тел объемы при температуре кипения ближе, чем объемы при обыкновенной температуре, то для других этого вовсе нет, из чего видна случайность этой большей или меньшей близости.

Альдегид	$\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}$	$V = 345$	$V' = 348$
Уксуснокислый эфиль	$\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$	$V = 2(306)$	$V' = 2(335)$
Бензильалькооль	$\left.\begin{matrix}C^7H^7\\H\end{matrix}\right\}O$	$V = 643$	
Анисовое масло	$\left.\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\right\}O$	$V = 681$	

Кроме всех этих замечаний на теорию удельных объемов жидких тел, можно сделать, вместе с Мариньяком,[1] замечание, что некоторые из них, как теория Лёвига, не удовлетворяют иногда аналогии. Прошлогодняя теория Коппа, основанная на идеях Жерара, показывает неясное их понимание, ибо [229] формулу Копп почел за выражение строения, тогда как она выражает только одно сходство или различие. Жерар, как учитель унитарной системы, считает соединение одним нераздельным целым, а радикал только такою частию этого целого, которая при разрушении целого более или менее упорно сопротивляется распадению. Серновинная кислота может быть рассматриваема или как серная, в которой один пай водорода замещен эфилем $\left.\begin{matrix}SO^2H\\(C^2H^5)\end{matrix}\right\}O^2$, или как одноосновная $\left.\begin{matrix}SO^3C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ — почему кислород можно почитать стоящим вне радикала или же в нем. А по теории Коппа, объем кислорода в радикале равен 76,3, а вне радикала = 48,7. Можно подумать потому, что объем может руководить в определении места, занимаемого кислородом, в радикале или вне его. Но этого в действительности нет; так мы получили, что объем кислорода в ацетоне (где кислород стоит в радикале и объем = 131) и в эфире (где кислород стоит вне радикала = 111) почти равны между собою; объемы же кислорода в алькооле и древесном спирте (где кислород вне радикала) отличаются от них (=85). Ни одна из теорий удельных объемов жидких тел не привела ни к одному вероятному следствию, [2] [230] не дала ни одного верного теоретического намека, никакой практической пользы, что составляет одно из существенных превосходств теории удельного объема газов. Причиною тому было ложное направление, какому следовали почти все занимавшиеся этим предметом, —

---

[1] Marignac. Sur les relations qui existent entre les propriétés physiques et la composition chimique des corps composés (Resumé de divers traveaux). 1846. Archiv. d. Sc. phys. et naturel. Genève I—5, 137.

[2] Kopp. Lieb. Ann. L. — В конце этой статьи Копп сам сознает неверные следствия, вытекающие из теории, данной им для строения жидких тел по объемам.

стараясь отыскать объем простых тел после соединения. [1] Прибавим еще к тому, что твердым и жидким телам дали различные теории: для одних исследовали объем радикалов, для других объем элементарных тел.

А как было легко идти вперед после такого начала, какое сделал Копп! Хотя мы не признаем математическую точность правила Коппа (отчего и отрицаем применимость его для употребления), но видим в нем истинно-важный закон: *равная разность состава гомологических и аналогических соединений определяет часто довольно близкую разность в объемах.* Мы воротимся к этому закону в одной из следующих глав.

Другой важный вывод Коппа есть: *часто при замещении водорода* (H^2) *кислородом* (в спирте и уксусной кислоте и т. п.) *объем изменяется очень мало.* За эти два закона история всегда отдаст должное уважение неутомимой деятельности Коппа в области рассматриваемого нами предмета.

[231] § 52. Перейдем теперь снова к последовательному изложению исследований об удельных объемах. Исторический порядок их мы нарушили, совокупивши вместе все исследования о жидких органических соединениях.

Бодримон [2] полагал, что между паем и удельным весом всех тел существует простое отношение, т. е. объемы всех тел суть кратные числа. Так, по его мнению, удельные объемы металлов находятся в простом отношении к удельному объему воды.

Уд. объем воды относится к уд. объему:		По Бодримону: уд. объем	Наблюденный уд. объем
Калия так, как . . .	1 : 5	562,5	560,9
Натрия	2 : 5	281,2	304,2
Серебра	1 : 1	112,5	128,3
Цинка	2 : 1	56,2	55,0
Железа	2 : 1	56,2	44,8
Фосфора	1 : 2	225,0	215,4
Свинца	1 : 1	112,5	114,2

Произвол начала очевиден. Эта идея — простоты в отношении удельных объемов твердых и жидких тел — произошла из желания подтвердить для всех тел закон, Гей-Люссаком данный для газов. [232] При этом каждый раз забывались неправильности в изменении объемов твердых тел. Нам кажется, что между удельными объемами газов и негазообразных тел существует, при всем различии, действительно одно важное сходство — это именно отсутствие математически точной

[1] В прошлогоднем труде своем Копп в первый раз обратился к общему сравнению объемов тел. Он разделил исследованные им тела на несколько групп, в которых соединялись тела, имеющие близкие удельные объемы.

[2] Об исследовании Бодримона я знаю только по тому, что об нем упомянуто в статье Филёля (Ann. d. Chim. et. Phys. (3) XXI—422), но там нет указания на источник. Вероятно это есть Химия Бодримона, относящаяся к 1841 году.

простоты в отношениях удельных объемов, но для газов отступления эти незначительны, а для твердых и жидких тел весьма велики. Персо прежде других точно выразил мысль о простоте в отношении объемов твердых и жидких тел, на чем основана и вся его система. Шрöдер говорил, что объемы твердых тел делятся на 4, а объемы жидких относятся как число паев. Лöвиг также утверждал, что объемы простых и сложных тел делятся на постоянное число 22,87. Копп, сперва говоривший, что объемы жидких тел при точке кипения делимы на 9,75, потом опроверг и свое мнение и мнение Шрöдера и Лöвига. [1] Чтоб точнее решить вопрос о существовании простого от[233]ношения между объемами, мы взяли хорошо известные тела при различных условиях и сравнили их объемы:

a) Удельный объем ртути при 0° относится к удельному объему воды при 0° = 91,939 : 112,50 = 0,81727 : 1 = 4,0863 : 5,000. [2]

b) При точке кипения = 97,98 : 117,37 = 0,835 : 1 = 5,030 : 6.

c) Удельный объем ромбической серы при 0° к удельному объему воды при 0° = 96,6 : 112,5 = 0,858 : 1 = 17,16 : 20.

d) Удельный объем моноклиноэдрической серы к удельному объему воды при 0° = 101,5 : 112,5 = 0,902 : 1 = 9 : 10.

e) Удельный объем твердой серы при температуре плавления (115° C) относится к удельному объему льда при 0° = 105,8 : 123,6 = = 0,856 : 1.

f) Удельный объем жидкой серы при температуре плавления (115° C) относится к удельному объему воды при 0° = 111,1 : 112,5 = 0,987 : : 1 = 987 : 1000.

g) Удельный объем фосфора относится к удельному объему воды при 0° C = 215,4 : 112,5 = 1,91 : 1 = 19,1 : 10.

[234] h) Удельный объем жидкого фосфора при температуре плавления : к удельному объему воды в тех же условиях = 236 : 112,5 = = 2,107 : 1 = 21 : 10.

i) Удельный объем спирта относится к удельному объему воды при обыкновенной температуре = 359,8 : 112,5 = 3,2 : 1 = 16 : 5.

j) При точке кипения = 388,3 : 117,37 = 3,307 : 1 = 33 : 10.

Вы видите, что нет строгого и простого отношения между объемами ни при обыкновенной, ни при соответствующих температурах. Отсутствие точности не есть еще столь чувствительный недостаток (вспомним, например, газы), как отсутствие простоты. Нельзя же назвать отношения 33 : 10 или 17 : 12 простыми. Принять же более простые отношения мы не имеем права. Если бы даже и найдено было простое отношение между объемами тел при известных температурах — при дру-

---

[1] Придерживаясь мнения о делимости объемов C, H и O на 9,75, Копп дал в 1844 г. правило, что объем тела $C^nH^mO^q$ при точке кипения = (8n + 3m + 6q) 9,75. Для температуры на t° ниже точки кипения объем по Коппу = (8n + 3m + + 6q) (9,75—0,01t). По Шрöдеру V при температуре кипения = (n + 2m + q) × × 64,8, а при температуре, низшей на t° объем = (n + 2m + q) (64,8 — 0,797 t + + 0,00015 t^2). Все эти предположения и теории приводят к несправедливым следствиям и легко опровергаются двумя или тремя примерами.

[2] В конце мы выставили наиболее простое отношение.

гих температурах это отношение уничтожилось бы, — по неправильности изменения тел от теплоты. Итак простота в отношении удельных объемов тел твердых и жидких не существует, невозможна и потому никак не должна служить основанием для определения удельного объема.

§ 53. Мы пришли к выводу прямо противоположному с тем, какой сделали Плейфр и Джуль[1] [235] в своей работе, замечательной по богатству данных. Эти английские ученые, как конечное следствие своей большой записки, сделали, подобно Персо, Шрöдеру и Лöвигу, вывод «That the atomic volumes of bodies stand in a simple multiple relation to each other». [2] По мнению их, объем каждого твердого тела равен или находится в кратном отношении к удельному объему льда, который они принимают равным 122,5, [3] тогда как ими приведенные данные дают число 123,6. Некоторые тела имеют объем кратный не к 122,5, а к 137,5, по второму предположению Плейфра и Джуля. Это величина 137,5, по их мнению, равна удельному объему льда + $^1/_8$ его, но 122,5 + 15,3 = 137,8, а не 137,5, или, правильнее, 123,6 + 15,4= = 139,0, если взять истинный удельный объем льда. Некоторые тела, объем которых не есть кратное 122,5 или 137,5, имеют объем кратный сумме этих двух величин, т. е. $=\frac{m}{n}$ [236](122,5 + 137,5). В самом начале вы видите столько произволу и неточностей, что мы, руководясь рассмотрением основы, должны бы были оставить это исследование. Приведем впрочем для бóльшей очевидности несколько примеров: [см. табл. на стр. 229].

На подобных основаниях я могу сказать, что объемы всех тел кратны любому другому числу, хотя бы объему воды, как сказал Бодримон, 10, [237] 45, 110 или чему другому. Очевидное следствие кратности удельных объемов с каким бы то ни было другим числом N есть то, что удельные объемы всех тел должны бы были представлять непостепенные и разнообразные числа, но находящиеся в прогрессии, один из членов которой есть число N, но этого вовсе нет. Ошибки Плейфра и Джуля прикрывались тем, что они сравнивали объемы, найденные по паям, за единицу которых принят водород. Мариньяк, в своей критике, [4] указал многие другие недостатки теории Плейфра и Джуля.

---

[1] Lyon Playfair, Esq. Ph. D. and J. P. Joule, Esq. Researches on Atomic Volume and Specific Gravity. 1845 и 1846. Memoirs and Proceedings of the Chemical Society of London. Ser. A) T. II, 401—481, Series B) III, 57—103, Ser. C) III, 199—205. Phylos. Magaz. (3) XXVII—453. Chemic. Society Quat. Jour. I—139. L'Institut 1846, 129. Fortschritte d. Phys. 1845 (Berlin), 3. Liebig's u. Kopp. Jahresbericht 18 $\frac{47}{48}$— 42. Archiv d. Scien. Phys. et naturel. Genève. I—23.

[2] Playfair and Joule. Mem. and Proceed. Chem. Soc. of Lond. III—103.

[3] Все показания Плейфр и Джуля, равно как и других ученых, мы перевели на *нашу единицу, т. е. принимая пай кислорода за 100.*

[4] Marignac. Observation on Mess-rs Playf. and Joule Memoir. 1846. Phylos. Magaz. (3) XXVIII—527. Archiv. d. Sc. Phys. et naturel. Genève. I—23.

		2	3	4	5	6
		Отношение к уд. объему льда	Вычисл. объем по Пл. и Джулю, полагая лед = 122,5	Вычисл. объем, принимая объем льда = 123,6	Наблюденный объем	Разность 3 и 5
Mn		3 : 8	45,9	46,5	46,4	— 0,5
Fe		3 : 8	45,9	46,5	44,8	+ 1,1
Co		3 : 8	45,9	46,5	42,7	+ 3,2
Ni		3 : 8	45,9	46,5	42,4	+ 3,5
Cu		3 : 8	45,9	46,5	44,7	+ 1,2
Hg		6 : 8	91,8	93,0	91,9	— 0,1
Ag		9 : 8	137,8	139,1	128,3	+ 9,5
Al		4 : 8	61,2	61,8	66,2	— 6,0
Zn		4 : 8	61,2	61,8	55,0	+ 6,2
Pt		4 : 8	61,2	61,8	58,4	+ 2,8
Cu^2 SO^2	$O^2 + 5H^2O$	45 : 8	688,5	697,5	692,9	— 4,4
K^2 SO^2	O^2	27 : 8	413,1	418,5	412,1	+ 1,0
K^2 CO	O^2	27 : 8	413,1	418,5	381,8	+31,3

Те же ученые и в том же мемуаре исследовали объем, занимаемый телом в растворе. Кроме недостатков, уже указанных нами, эта часть труда их имеет еще два, весьма важных: способ их наблюдения не представляет точности, как указал Мариньяк, и притом они полагали, что разность объемов раствора и смеси (т. е. суммы объемов взятой воды и соли) показывает объем, занимаемый солью в растворе.[1] По нашему мнению, объ[238]ем при растворении изменяется не от одного изменения объема соли, но также и от изменения объема воды; это особенно ясно из того, что, взявши различное количество воды и соли, получаем различную разность объемов, как показали сами Плейфр и Джуль.

Число паев воды	Число паев сахару	Разность объемов раствора и смеси на 1 пай сахара
10	1	1323,6
1	1	1337,5
1	3	1350,0

[1] До Плейфра и Джуля исследованием этого предмета занимались: Watson (Philos. Trans. 1770), Gassenius (Gassen. Phys. I, cop. 3), Nollet (Leçons de Phys. IV), Ellis (Berlin. Memoir. 1750), Dalton (неизданное сочинение 1840 г., о котором говорили Плейфр и Джуль), Holker (1843), Kopp (Physikalisch-chemische Beiträge. Erster Teil. 1841. Frankfurt a. Main; Lieb. Ann. XXXIX—362). Впоследствии John Griffin (On the constitution of aqueous Solution. Memoirs and Proceedings of the Chem. Society of London III — 155). Kremers (Pogg. An. 1855) и др.

Общий вывод всего исследования Плейфра и Джуля об объеме тела в растворе есть следующий: удельный объем тела в водном растворе (т. е. разность объемов смеси и раствора) равен удельному объему воды 112,5 или находится с ним в простом отношении. Возьмем несколько примеров, заимствованных от этих же ученых:

	Уд. объем тела в растворе	При разделении на 112,5 по Пл. и Джулю даст	В действительности
$\left.\begin{matrix}Cu^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + 5H^2O$	562,5	5	5,00 [1]
[239] $\left.\begin{matrix}Na^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + 10H^2O$	1145,0	10	10,01
Квасцы $\left.\begin{matrix}K^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O$	680,0	$6 = \frac{1}{4}(24)$	6,04
Квасцы $\left.\begin{matrix}(NH^4)^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O$	710,0	$6{,}25 = \frac{1}{4}(25)$	6,31
Сахар $C^{12}H^{22}O^{11}$	1243,7	11	11,05
$\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2$	225,0	2	2,0
$Na^2N^2O^6 = 2\left(\left.\begin{matrix}Na\\NO^2\end{matrix}\right\} O^2\right)$	165,6	$1{,}5 = \frac{1}{2}(3)$	1,47
$Pb^2N^2O^6 = 2\left(\left.\begin{matrix}Pb\\NO^2\end{matrix}\right\} O\right)$	158,7	$1{,}5 = \frac{1}{2}(3)$	1,41
$\left.\begin{matrix}K^2\\CO\end{matrix}\right\} O^2$	115,0	1	1,02

Для многих тел Плейфр и Джуль нашли, что удельный объем их в растворе относится к удельному объему в твердом состоянии или так, как объем воды относится к объему льда (= 112,5 : 123,6, например, для сахару имеем: 1243,7 : 1336 = 112,5 : 123,6, $\left.\begin{matrix}Na^2\\CO\end{matrix}\right\} O^2 +$ $+ 10H^2O$, $\left.\begin{matrix}Na^3\\PO\end{matrix}\right\} O^3 + 12H^2O$ и др.), или так, как 112,5 : 137,5 (например, для медного купороса 562,5 : 692 = 112,5 : 137,5, для [240] $\left.\begin{matrix}Mg^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 +$

[1] Точность этого отношения послужила Плейфру и Джулю основанием всей их теории, подобно тому как сравнение объемов воды и эфира с объемом спирта послужило Коппу началом для развития теории соответствующих температур.

$+7H^2O$, $\left.\begin{matrix}2NH^4\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ и т. д.). Этот весьма замечательный вывод [1] не оправдался для многих других тел.

Хотя основная идея не утверждается работою Плейфра и Джуля, хотя есть ошибочность и в некоторых других их предположениях,[2] тем не менее мемуар Плейфра и Джуля внес в науку много [241]нового, не говоря уже об огромном запасе данных, приобретенном в нем. Вот несколько выводов.

При растворении солей, содержащих кристаллизационную воду, разность объемов смеси и раствора обыкновенно равна объему кристаллизационной воды,[3] оттого при растворении безводных солей, поглощающих воду, объемы смеси и раствора одинаковы:

	A Число паев кристалл. воды	A×112,5, т.е. объем крист. воды	Разность уд. объемов раствора и смеси
Медный купорос	5	562,5	562,5
Глауберова соль	10	1125	1145
$CaCl + 3H^2O$	3	337,5	332,5
Квасцы $\left.\begin{matrix}SO^2\\K^2al^2\end{matrix}\right\}O^2 + 6H^2O$	6	675	680,0
Квасцы $\left.\begin{matrix}SO^2\\(NH^4)^2al^2\end{matrix}\right\}O^2 + 6H^2O$	6	675	710,0
Сахар $C^{12}(H^2O)^{11}$	11	1237,5	1243,7
Английская соль	7	787,5	787,5
$\left.\begin{matrix}KMg\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2 + 3H^2O$	3	337,5	450,0

[1] Чтобы поверить его, должны поступать так: удельный объем твердого тела разделить на 122,5 или на 137,5 и частное m сравнить с частным (n), происшедшим от деления объема тела в растворе на 112,5. Для медного купороса $m = \frac{688,5}{137,5} = 5$ и $n = \frac{562,5}{112,5} = 5$. Для сахару: $m = \frac{1366}{122,5} = 11$ и $n = \frac{1243,7}{112,5} = 11$ Все эти отношения только приближенны. Для $\left.\begin{matrix}K^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$ $m = \frac{381}{122,5} = 3$, а $n = \frac{115,0}{112\,5} = 1 = \frac{1}{3}$ m.

[2] По мнению Плейфра и Джуля, от кования, сплавления, расплавления и т. п. удельные объемы некоторых тел (Fe, Co, S, Ni) не изменяются, а других изменяются на $\frac{n}{8}$ частей удельного объема льда (As, Pb). Удельные объемы Hg, Bi, Sn, P и пр. при температуре плавления полагают они равным удельному объему при обыкновенной температуре. Для изоморфных тел вычисляется различный удельный объем, а для сходственных без изоморфизма иногда одинаковый. Объемы различных видоизменений одного и того же тела находятся в простых отношениях. Объем серы в соединениях (Cu^2S, Cd^2S, Mn^2S) иногда бывает=0, иногда 87,5 (напр., в соединении с Fe), иногда 75 (Mn^2S, Zn^2S, AgS).

[3] Не делаем из этого, подобно Плейфру и Джулю, заключения, что безводная соль не занимает пространства в растворе, что ее атомы располагаются в промежутках.

Замечательно, что сахар в этом отношении есть как бы соединение C^{12} с 11 паями кристаллизационной воды.

[242] Плейфр и Джуль показали, что объем иногда весьма мало изменяется при замещении водорода металлом. [1]

Действительно:

Серная кислота $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 331$; $\left.\begin{matrix}SO^2\\Na^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 337$;

$\left.\begin{matrix}SO^2\\KH\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 358$; $\left.\begin{matrix}SO^2\\Ag^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 363$; $\left.\begin{matrix}SO^3\\Ba^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 326$;

$\left.\begin{matrix}Pb^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 301$; $\left.\begin{matrix}Fe^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ $V = 318$ и др.

Хлористый водород $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$ $V = 130$; $\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\}$ $V = 170$; $\left.\begin{matrix}Ba\\Cl\end{matrix}\right\}V = 175$.

Азотная кислота $\left.\begin{matrix}NO^2\\H\end{matrix}\right\}O$ $V = 259$; $\left.\begin{matrix}Na\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ $V = 240$;

$\left.\begin{matrix}Ba\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ $V = 258$; $\left.\begin{matrix}NO^2\\Sr\end{matrix}\right\}O$ $V = 231$; $\left.\begin{matrix}Ag\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ $V = 244$.

§ 54. К тому же 1845-му году принадлежит замечательное начало [2] ряда работ Авогадро, известных по извлечениям, сделанным самим автором. [3] Главный характер работ Авогадро со[243]стоит в том, что он согласует и изъясняет неравенства удельных объемов твердых и жидких тел не одним влиянием температуры и строения, но и степенью сродства его с другими телами, т. е. (по Авогадро) их электрохимическим характером. Авогадро говорит: *чем больше удельный объем* (§ 8 и 26) *или расстояние атомов, тем электроположительнее тело*, т. е. *тем больше* сродство его к кислороду.

Если мы, следуя Жерару и Лорану, и признаем электрохимическую теорию излишнею для успехов химии, то отнюдь не думаем этим отрицать некоторого согласования гальвано-возбудительного порядка тел с порядком их по сродству, подобно тому, как невозможно отрицать некоторого соотношения между показателем преломления и плотностию, между числом паев и кристаллическою формою и т. п. Этим мы не хотим сказать, чтобы порядок электровозбудительный и сродства были постоянны и одинаковы; тем более, что и порядок сред-

[1] Это заметил еще ранее Персо (Introd. a l'étude d. Chim. molec. 1839, 831), а впоследствии развил Дюма. Мы привели здесь не те самые примеры, какие представили Плейфр и Джуль.

[2] Avogadro. Memorie della Reale Academia delle Science di Torino (2). VIII, где 1-ой и 2-й мем. XI—231, XII—39.

[3] Avogadro. Mémoires sur les volumes atomiques. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIV—330 (1845 г.), XXIX—248 (1850 г.), XXXVI—96 (1851 г.). Bibliot. univ. d. Genève 1845, XXVII—128; Arch. d. scien. phys. et natur. I—268, XI—285, XIII—17, XVII—314. Sillim. Americ. Journ. of Sc. (2), I—114. Lieb. Jahresber. 1849—21, 1850—29.

ства и порядок электровозбудительности изменяются многими обстоятельствами. Так, например, Ватстон [1] показал, что место, занимаемое глинием в ряду металлов, по возбудительности их, изменяется, смотря по тому, какого рода кислота была употреблена. Если взять серную кислоту, то

[244] + Zn, Cd, Sn, Fe, Al, Cu, Pt —

Если взять азотную кислоту

+ Zn, Cd, Sn, Pb, Fe, Al —

Если соляную, то

+ Zn, Cd, Al, Sn, Pb, Fe, Cu, Pt —

Если едкое кали

+ Zn, Al, Cd, Sn, Pb, Fe, Cu, Pt —

Известно также, что порядок сродства изменяется весьма многими причинами. Сверх того мы вовсе не знаем места, занимаемого многими простыми телами в отношении к электровозбудительности (напр., O, H, Cl, S, Si), и не знаем степени сродства некоторых тел друг к другу (напр., Fe и Cu, Cu и Pt, H к Fe, Si к Au), а потому не имеем возможности дать общий порядок тел ни по электровозбудительности, ни по сродству. А пополнять недостатки в одном порядке другим, как делал Берцелиус, мы не имеем права, потому что не всегда точно согласуются оба порядка. Так, например, порядок тел по сродству к кислороду, по исследованиям Томсона (примечание в § 11) и других, есть

Ag, Cu, Pb, Fe, Zn,

а порядок электровозбудительный

Ag, Cu, Fe, Pb, Zn.

Следствием всего этого мы полагаем необходимость отдельного сравнения тел по сродству и по возбуждению электричества, чего не делал Авогадро, полагавший, что порядок тел по сродству и электро[245]возбудительности согласуется с порядком тел по величине их *удельных объемов частиц*. Частицею Авогадро назвал часть тела, кратную паю; почему объем частицы, по Авогадро, находится в простом отношении к объему пая [см. табл. на стр. 234].

[246] Сравним теперь, для поверки идеи Авогадро, объемы его частиц с истинным порядком тел по сродству и возбудительности (как дали опыты). Обыкновеннейшие металлы во всех учебниках располагаются так:

+ Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Ag, Au, Pt, C, —

[1] Wheatstone. Arch d. scien. phys. et natur. 1855, Août, 350.

Порядок тел по Берцелиусу —	V	Объем част. по Авогадро = V, делен. на	Объем частицы по Авогадро	Порядок тел по этому об.
Сера	581	12 [1]	48	5 [2]
Хлор	334	8	41	3
Бром	310	8	39	1
Иод	321,3	8	40	2
Фосфор	429	8	54	6
Углерод	21,16	$\frac{1}{2}$	42	4
Золото	127,1	2	63,5	9
Иридий	56,7	1	56,7	7
Платина	58,4	1	58,4	8
Ртуть	85,2 [3]	1	85,2	12
Серебро	128	2	64	10
Медь	44,7	$\frac{1}{2}$	89,4	13
Олово	100	1	100	15
Свинец	114	1	114	17
Никкель	42,4	$\frac{1}{2}$	84,8	11
Железо	44,8	$\frac{1}{2}$	89,6	14
Цинк	55	$\frac{1}{2}$	110	16
Натрий	304	2	151	18
Калий	561	4	140	19
+				

а объем частицы есть:

118, [4] 114, 100, 90, 89, 64, 63,5, 68, 42.

Эти данные дают большую цену открытию Авогадро. Бунзен [5] исследуя легкие металлы, дает следующий порядок их по возбуждению гальванического тока:

+, Ka, Na, Li, Ca, Sr, Mg, —

---

[1] Мы взяли объем частицы серы, судя по парам. Он = 6 × на объем пая, а потому Авогадрова частица = $\frac{1}{2}$ пая. Точно так же и для фосфора.

[2] Мы здесь обозначили истинный порядок, какой должен быть по величине объема частицы, а не тот, какой принимал Авогадро, руководившийся очень часто неверными данными в показаниях удельного веса.

[3] Удельный объем твердой ртути.

[4] Удельный объем частицы чистого Zn = 110, но для возбуждения тока всегда употребляется продажный цинк, а его объем = $\frac{408}{6,91}$ = 59,0, т. е. объем частицы = 118. Отличие объемов того и другого цинка здесь очень важны, тем более, что чистый и продажный цинк действуют совершенно иначе и по отношению к кислотам, и по отношению к электровозбудительности.

[5] Bunsen. Lieb. Ann. XCIV—109, 1855.

объем же их частиц есть:

140, 152, 136, 158, 107, 88.

Потому калий, кальций и натрий не подходят под правило Авогадро. Заметим, впрочем, что наблюдение над удельным весом каждого из этих металлов произведено было один раз и притом очень [247] затруднительно, равно как и исследование их электровозбудительной силы и их пая. Во всем этом есть еще много не вполне точного, что позволяет надеяться на лучшие результаты, при более точном исследовании. Тем не менее и теперь, при общем взгляде, видно согласование величины удельных объемов частиц (по Авогадро) с электровозбудительным порядком. Небольшие отступления не удивят нас, когда вспомним, что самый порядок тел по электровозбудительности изменчив до некоторой степени. Обратимся теперь к соотношению порядка сродства к порядку тел по объемам.

С наибольшей точностию сила сродства измеряется количеством теплоты, отделяющимся при химическом соединении, как показали многочисленные труды Фавра, Зильбермана, Вуда и особенно последние работы Томсона (см. примечание в § 11). Сила сродства (Maas der Affinität) серебра к кислороду, по Томсону = 316, Hg к O = 597, Cu к O = 2394, Pb к O = 3396, H к O = 3626, Fe к O = 4131, Zn к O = 5366. Числа, приведенные нами, показывают количество единиц теплоты, отделяющихся при соединении названных тел. Порядок их показывает, между прочим, какие металлы могут разлагать окиси других металлов. Цинк и железо разлагают воду, что не могут делать ни свинец, ни медь, ни ртуть.

Если сравним этот порядок с порядком тел по объему их частиц, то не увидим такого согла[248]сия, какое видели для электровозбудительного порядка:

По сродству к кислор. Ag, Hg, Cu, Pb, Fe, Zn.
По объемам частиц 64, 85, 89, 114, 90, 110.

Не будем удивляться этому несогласию, вспомнивши всю изменчивость силы сродства. Так, те же самые исследования Томсена показали, что для названных тел порядок сродства изменяется, когда они будут приведены в прикосновение с водою. Если за мерило сродства взять другой физический признак, все-таки мы достигаем отрицательного результата. Растворимость или образование осадка невозможно брать мерилом сродства, особенно после того, как Гладстон [1] прекрасными опытами доказал справедливость закона Бертоле. Кук, [2] по совету Беккереля, определял силу сродства по силе тока, необходимого для разложения окисла. Мариньяк показал всю произвольность этого предположения, на котором основан весь способ, т. е. предположения о том, что сила сродства двух тел прямо пропор-

[1] Gladstone. Journ. f. prakt. Chem. 1856, LXVII—1. Philos. Mag. IX—535. Institut, 1855.

[2] Cooke. Philos. Mag. 1851. Août, Archive d. scien. phys. et naturel. Genève XVII—322.

циональна силе тока, необходимого для разложения их. Порядок, найденный Куком, есть следующий: если разность сродства кислорода к цинку и меди примем за 1, то сродство кислорода для K = 3,13, [249] Na = 2,91, H = 2,36, Zn = 2,23, Fe = 1,85, Sn = 1,75, Pb = 1,70, Bi = 1,29, Sb = 1,29, Cu = 1,25, Ag = 0,85. Этот порядок почти вполне соответствует порядку, данному Томсеном, Фавром и Зильберманом для сродства металлов к кислороду в прикосновении с водою, т. е. не согласуется с порядком тел по объему частиц. Вот почему мы не можем из объемов судить об сродстве, как делает Авогадро, не можем смешивать (как делают электрохимики) порядок сродства к кислороду с порядком по электровозбудительности. Первый значительно разнится от порядка тел по объемам, последний очень сходствует. Авогадро, придерживаясь электрохимического учения, из своих прекрасных начал, составляющих истинное приобретение науки, вывел весьма неправдоподобные следствия. Еще в 1836 году [1] стал он развивать понятие о силе нейтрализации (pouvoir neutralisant — что-то в роде силы сродства) как о величине, равной отношению количеств (паев) тел в безразличном или среднем теле. Чтоб найти силу нейтрализации водорода по отношению к — 1 кислорода, Авогадро делит пай кислорода на 2 пая водорода $\frac{100}{12,5} = 8$, потому что [250] вода есть тело среднее. +8 есть сила нейтрализации водорода, если сила нейтрализации кислорода = —1; или, говорит Авогадро, электроположительная сила водорода в 8 раз более электроотрицательной силы кислорода. Для кислорода P = — 1, для хлора Авогадро в 1836 году нашел P = —0,15, для C = + 0,06, для S = +0,22, для N = +0,47, для H = 8,92 (взявши среднее из многих органических соединений). В этом понятии о силе сродства очевиден весьма большой произвол, особенно в понятии и выборе средних тел. В последующих своих мемуарах италиянский ученый желает вывести из величины объемов эти величины силы нейтрализации. Для того он дает формулу:

$$P = \frac{N - 0,866}{0,866 - 0,214},$$

где P есть сила нейтрализации (pouv. neutralisant), N есть величина сродства (nombre affinaire), $= \sqrt[3]{V}$, где V означает объем частицы (т. е. кратное удельного объема), деленный на объем частицы золота; 0,866 есть «величина сродства точки нейтрализации» (слова Авогадро), т. е. той точки в ряду тел, которой сила сродства = 0, наконец 0,214 есть величина сродства кислорода. В различных своих мемуарах Авогадро находил иногда довольно близкие, иногда отдаленные величины для N и P каждого тела. Не входим в подробности этих [251] исследований, они показали бы много произволу и недостаток в понимании изменчивой силы сродства. Относительно сложных тел Авогадро,

[1] Avogadro. Nouvelles recherches sur le pouvoir neutralisant de quelques corps simples. Exst. Ann. d. Chim. et Phys. (1) 1836, LXI—410. Подлинное помещено в Memoria della Acad. di Torino (1) XXXIX.

Как многие другие, старался по удельному объему сложного тела узнать объем тел, в нем находящихся, и обратно из объема отдельно взятых тел судил об объеме сложного тела. Его правило можно выразить так: для тела AB объем его (полагая объем золота = 1) = $(N)^3$ = = $[N'P' + N''P'']^3$, где N есть величина сродства тела AB, N′ и N″ тел A и B, а P′ и P″ означают процентное содержание A и B в AB. Найденный объем (=N^3) очень часто есть известная только часть истинного удельного объема, что называет Авогадро объемом частицы, ничем не доказывая существование такой частицы. Так, по правилу Авогадро, объем окиси ртути равен 68,24, а по наблюдению 121, потому Авогадро говорит, что объем частицы Ag^2O есть $^1/_2$ удельного объема = 60,5. В этом основном примере вы видите уже большое отступление от истины, в других оно почти всегда еще больше. Не останавливаясь на этих темных сторонах Авогадрова труда, нам весьма приятно видеть два больших достоинства его исследований: ясное понятие о частице и согласование удельного объема с физическим свойством тела.

Понятие о частице тела основывается на физических признаках: так мы знаем частицы тел по отношению их к теплоемкости и по объему их [252] паров. Авогадро дает новое определяющее для частицы. Его частица не согласуется с частицею, найденною из теплоемкости или удельных объемов газа, но это несогласие отнюдь не говорит о неверности его суждений, потому что частица, определенная по теплоемкости, не всегда согласуется с двуобъемною частицею, как эта последняя не всегда согласуется с паем и эквивалентом.

	Фосфора	Мышьяка	Ртути
1) Вес частицы по исследованию теплоемкости [1]	195	469	1250
2) Вес частицы по исслед. уд. объема газа или вес двуобъемн. частицы (§ 28) . .	780	1876	1250
3) Вес частицы по Авогадро .	97,5	—	1250
4) Пай по Берцелиусу	390	938	1250
5) Пай по Жерару	195	469	625
6) Эквивалент водороду . . .	—	—	1250 и 625

	Серебро	Иод	Углерод	Кислород	Сера	Железо	Марганец
1)	675	792	150	—	200	350	344
2)	—	1584	—	200	1200	—	—
3)	675	165,5	150	—	100	700	688
4)	1350	1584	75	100	200	350	344
5)	675	792	75	100	200	175	172
6)	675	792	—	—	—	175 и 117	172 и 115

[1] Вес частицы по исследованию теплоемкости определяется так: произведение из теплоемкости на вес частицы есть величина постоянная для всех простых тел и = почти 40. Теплоемкость As = 0,08140 (если воды = 1) × 469 =38,1766. Для серы теплоемкость = 0,2026, для ртути = 0,03532, железа = 0,11379.

[253] Итак, ни эквивалент, ни пай, ни вес двуобъемной частицы не находятся в постоянном отношении друг к другу и к весу частицы, найденному по исследованиям Авогадро. Значит, выведенное по одному физическому свойству понятие о частице не служит для определения всех физических свойств, зависящих от химического состава. Впрочем, вес частицы всегда находится в простом отношении к паю. В таком смысле мы должны назвать частицею группу атомов, определяющую известное физическое свойство. Потому строго должно отличать частицу в химическом смысле от физической частицы. Если к слову эквивалент мы должны прибавлять «такому-то телу», так к слову частица должны прибавлять «по такому-то физическому свойству». Изучение частицы по физическим свойствам не должно примешивать к чистой химии. в тех случаях, где согласование химических и физических свойств невозможно, т. е. там, где вес химической частицы не равен весу физической. Первая определяется по разложению, изменениям и т. п. движениям атомов (так частица эфира есть $\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\Big\}O$, потому что одно C^2H^5 может быть замещено CH^3, C^5H^{11}, C^2H^3O, H, K и т. д.), тогда как физическая частица определяется из спокойного состояния ато[254]мов или из изменения другого рода, чем химическое.

Там, где возможно согласование химической частицы (т. е. неразрывной группы атомов, входящей в химические процессы) с физическою — очевидно наука много выигрывает, как, напр., в соглашении двуобъемной частицы с химическою; но во многих случаях этого соглашения нельзя сделать. Так, между частицами тел по теплоемкости и по удельным объемам в твердом и жидком состояниях и между химическими частицами нет видимого согласия. Как естественная связь обобщает явления, уясняет и предсказывает многое, так связь искусственная препятствует развитию той или другой части. Усилие согласить удельные объемы всех твердых и жидких тел, т. е. найти между ними простое отношение — принадлежит к одной из подобных попыток. Главная заслуга Авогадро есть та, что он обратил внимание на то, что другие хотели отбросить, т. е. на малую или большую разность объемов. Ранее только Копп в исследовании изоморфных тел обратил внимание на эту разность и ввел ее в согласие с изменением формы.

Это по нашему мнению есть самый естественный путь в изучении удельных объемов твердых тел. Объемы их весьма различны, мы сделаем почти все, когда определим, от чего и вместе с чем изменяется объем. Там, где нет единства, естественно изучать причину различий и неравенств.

[255] В пользу введенных Авогадро частиц говорит между прочим и аналогия, как говорит она в пользу двуобъемных частиц и частиц, найденных по теплоемкости. Действительно, для сходственных тел (напр., сурьмы, мышьяка и висмута, J, Cl и Br, Fe, Ni, Zn и Cu и т. д.) вес частицы имеет постоянное отношение к эквиваленту. Так по теплоемкости вес частицы Bi, As, Sb = их эквивалентам Bi, As, Sb^2. Так

и по теории Авогадро вес част. J, Cl и Br $= \frac{1}{4}$ их пая, вес частицы Fe, Zn, Ni и Cu $=$ 4 паям.

§ 55. Г. Эймбродт, [1] разбирая способ Персо (§ 39), предположил, вместе с Берцелиусом, [2] что в теории Персо есть некоторая доля истины, отысканию которой и посвятил Г. Эймбродт свое добавление по атомической теории. Заметивши, что удельный вес паров воды, умноженный на 200 и деленный на удельный вес кислорода, равен почти объему воды $\left(\text{действительно же } \frac{0{,}638 \times 200}{1{,}10564} = 115\right)$, Эймбродт выводит, что объем каждого тела должен иметь простое отношение к объему воды, если правило Персо верно. Мы уже видели (§ 39), что [256] его прямое следствие есть то, что вывел Эймбродт, т. е.

$$V = m \cdot 112{,}5,$$

где m $= 2, 4, 8 \ldots 1, 5, 10 \ldots 3, 6, 12 \ldots$ Это мнение старается он подтвердить фактами. Заметим, что его уже защищали Шрёдер, Лёвиг, Бодримон, Плейфр и Джуль, что было, кажется, неизвестно Г. Эймбродту. Не станем вновь приводить факты; заметим, впрочем, что из формулы $V = m \cdot 112{,}5$ следует: 1) что объемы всех тел суть 225,0 (когда m $= 2$), 450,0 ... 562,5 ... 337,5 ... 675,0 ... или 56,2, 28,1 ... $\left(\text{когда примем, что m} = \text{дроби } \frac{1}{2}, \frac{1}{3} \ldots\right)$; 2) два тела имеют $\frac{V}{V^1} = \frac{m}{m'}$, где $\frac{m}{m'}$ может быть $\frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{3}{5}, \frac{6}{5}, \frac{8}{5}, \frac{12}{5}, \frac{16}{5} \ldots$ $\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{5}{3}, \frac{4}{3}, \frac{8}{3}, \frac{15}{3} \ldots$ и почти все возможные дроби. Впрочем Г. Эймбродт, для сравнения объемов простых тел, взял не объем воды, а объем калия, и нашел, что объемы металлов равны этому объему, деленному на 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 и 13. Так объемы Fe, Cu и Ni $= \frac{560{,}9}{12} = 46{,}7$ (в действ. 44,6, 44,7 и 42,4). Словом, рассматриваемая нами работа не только неверна, но даже лишена интересу новости.

§ 56. В 1847 году явилось прекрасное по критике и методе сочинение Филõля. [3] Доказавши неспра[257]ведливость и произвольность многих из положений Купфера, Персо, Коппа, Шрёдера и Бодримона, Филõль предлагает исследовать эмпирическую величину разности объемов смеси и соединения, т. е. W — V $=$ x. Вывод Филõля состоит в следующем: для двух сходственных тел удельные объемы соединений (V и V′) относятся как объемы смесей (W и W′), т. е., зная отношение объемов смесей, мы знаем отношение и объемов соединений, т. е. истинных удельных объемов. V : V′ = W : W′. Сам автор видел

---

[1] Eimbrodt. 1846, Beiträge zur Athomtheorie. Lieb. Ann. LVIII—1.
[2] Berzelius. Jahresbericht, XX—2, 17.
[3] Filhõl. Etudes sur le rapport qui existe entre le poids atomique, la forme cristalline et la densité des corps. 1847. Ann. de Chimie et Physique (3) XXI—415. Compt. Rend. d. séanc. d. l'Acad. d. Scien. XXIV—1149, Liebig's Ann. LXIV—155.

только приближенность и необщность своего закона, а потому давши его, не основывал на нем нового способа нахождения удельного веса. Эта сдержанность должна быть поставлена в большую заслугу Филолю, потому что, после Дюма и Леройе, еще никто не мог воздержаться от этого расширения законов, от желания построить новую теорию. Заслуга Коппа была бы более замечательна и очевидна, если бы он не основал, на своем законе равноостаточности органических тел, ложной теории. Приведем несколько чисел, говорящих в пользу и против правила Филоля.

[258]

	Отношение удельных объемов соединений $V : V^1$	Отношение объемов смеси $\frac{V^1 + V^2}{V^3 + V^4} = \frac{W}{W^1}$
$\frac{Pb^2S}{Cd^2S}$ [1]	$\frac{198}{190} = 1{,}042$	$\frac{114{,}2 + 96{,}6}{80{,}9 + 96{,}6} = \frac{210{,}8}{117{,}5} = 1{,}188$
$\frac{Sb^{\frac{4}{3}}S}{As^{\frac{2}{3}}S}$	$\frac{158}{150} = 1{,}053$	$\frac{89{,}9 + 96{,}6}{109{,}3 + 96{,}6} = \frac{186{,}5}{205{,}9} = 1{,}104$
$\frac{NaCl}{AgCl}$	$\frac{170}{161{,}6} = 1{,}052$	$\frac{152{,}1 + 167}{64{,}1 + 167} = \frac{319{,}1}{231{,}1} = 1{,}381$
$\frac{Hg^4Cl}{Cu^4Cl}$	$\frac{209}{147} = 1{,}424$	$\frac{183{,}8 + 167}{89{,}4 + 167} = \frac{350{,}8}{256{,}4} = 1{,}368$
$\frac{AgJ}{PbJ}$	$\frac{262}{231} = 1{,}134$	$\frac{64{,}1 + 161{,}7}{57{,}1 + 161{,}7} = \frac{225{,}8}{218{,}8} = 1{,}032$

Ко всем упомянутым достоинствам Филолева труда должно прибавить и то, что он сделал очень много новых наблюдений над удельным весом тел.

§ 57. К тому же 1847 году относится весьма важное замечание Жерара [2] об удельных объемах [259] изоморфных и параморфных [3] тел из ряда шпинелей и окислов. Здесь показал Жерар, что сравнение объемов должно быть производимо при известном, им и Лораном

[1] Для бо́льшего убеждения себя в истинности известного закона, мы всегда брали примеры не из того ряда, какой служил автору, но вообще из того, который он указал. Потому и приведенные здесь примеры не заимствованы от Филоля, но взяты прямо из наших таблиц. Заметим здесь, что сравниваемые числа для сходных тел очень близки, а потому малая ошибка в наблюдении значительно изменяет результат.

[2] Gerhardt. On the atomic volume of some isomorphous oxyds of the regular system, 1847, Sillim. Americ. Journ. (2) IV—405.

[3] Изоморфизм, в тесном смысле, есть близость соответствующих углов тел одной кристаллической системы и аналогического состава. Параморфизм есть близость соответствующих углов тел разных систем, но аналогического состава. Перовскит и ильменит суть параморфы; их открыл Лоран. См. Менделеев. Горн. Журн., 1855, сентябрь, и особую статью об Изоморфизме.

утвержденном, взгляде на изоморфизм окислов R^2O и R^4O^3. Возьмем пример тел изоморфных и параморфных одного ряда:

	Старая формула	Объем по ней	Формула Жерара	V
Магнитный железняк	Fe^2O, Fe^4O^3	280,8	$Fe^{\frac{1}{2}}\,fe^{\frac{2}{3}}\,O$	70,2
Шпинель	Mg^2O, Al^4O^3	256,0	$Mg^{\frac{1}{2}}\,al^{\frac{2}{3}}\,O$	64,0
Окись железа . . .	Fe^4O^3	193,8	fe^2O	64,6
Окись магния . . .	Mg^2O	68,5	Mg^2O	68,5
Окись магния и хрома	Mg^2O, Cr^4O^3	277,2	$Mg^{\frac{1}{2}}\,cr^{\frac{2}{3}}\,O$	69,3
Перовскит	Ca^2O, Ti^2O^2	194,4	$Ca^{\frac{2}{3}}\,ti^{\frac{4}{3}}\,O$	64,7
Ильменит	Fe^2O, Ti^2O^2	201,0	$Fe^{\frac{2}{3}}\,ti^{\frac{4}{3}}\,O$	67,9
.		Общая формула . . .	R^2O	66,9

Это замечание весьма важно для сравнения объемов.

Впоследствии Дюма показал, что объемы квасцов, английской горькой соли и семиводной серной кислоты должно сравнивать также при измененном [260] взгляде на строение этих тел, т. е. полагая их:

$$\left.\begin{matrix} SO^2 \\ K^{\frac{1}{3}}\,al^{\frac{2}{3}} \end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O, \qquad \left.\begin{matrix} SO^2 \\ Mg^2 \end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O \quad \text{и} \quad \left.\begin{matrix} SO^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O.$$

Тогда их объемы суть 855, 900 и 920.

§ 58. С 1849 года появилось несколько исследований Гросганса [1] об некоторых физических свойствах тел, где он отчасти касается и удельных объемов. Его способ исследования представляет много характерных особенностей.

Чтоб определить изменение (от теплоты) объема жидких тел, Гросганс принимает следующую формулу:

$$V = 1 + kt,$$

где V есть объем при температуре t, если при 0° = 1, а k — коэффициент расширения. Для эфира k = 0,001547, для спирта k = 0,001051, для сивуш. масла k = 0,000897, для альдегида k = 0,001347, для ртути k = 0,001795. Известно, что это k непостоянно для всех t и объем при температуре t° должен (и то только приближенно) быть находим по уравнению $V = 1 + kt \pm k't^2 \pm k''t^3 \ldots$

[1] Groshans. Bemerkungen über die Volume, 1849, 1850, 1851 и 1853. Pogg. Ann. LXXVIII—112, LXXIX—290, LXXX—296, LXXXVIII—291. Pogg. Ann. Ergänzungsband III—146 и 596, IV—468. Lieb. Jahresbericht, 1849—39, 1850—56, 1851—22, 1853—75.

Хотя приведенный способ неправилен, но Гросганс кладет его в основание всего исследования, т. е. полагает, что $V = 1 + kt$.

[261] Далее он полагает:

$$\frac{V}{V'} = \frac{(m^0 + e^0)^2}{(m^0 + e'^0)^2} \cdot \frac{K}{K'} \text{ и } \frac{v}{v'} = \frac{m^0 + e^0}{m^0 + e'^0},$$

где V и V′ объемы двух тел при 0°, v и v′ при точке кипения, температура которых есть e^0 и e'^0; m = 274°, т. е. расстояние абсолютного нуля теплоты от 0° С. Возьмем несколько примеров для поверки второго закона Гросганса:

$$\frac{\text{Эфир } C^4H^{10}O}{\text{Спирт } C^4H^{12}O^2} \quad \frac{v}{v'} = \frac{663,7}{776,6} = 0,854 \text{ и } \frac{274 + e^0}{274 + e'^0} = \frac{309,5}{352} = 0,879$$

$$\frac{\text{Вода } H^2O}{\text{Ртуть Hg}} \quad \frac{v}{v'} = \frac{117,37}{97,98} = 1,198 \text{ и } \frac{374}{634} = 0,590$$

$$\frac{\text{Эфир } C^4H^{10}O}{\text{Вода } H^2O} \quad \frac{v}{v'} = \frac{663,7}{117,37} = 5,65 \text{ и } \frac{309}{374} = 0,827$$

$$\frac{\text{Бром } B^2}{\text{Древ. спирт } CH^4O} \quad \frac{v}{v'} = \frac{325.2}{264} = 1,23 \text{ и } \frac{337}{339} = 0,99.$$

Из взятых тел есть только один пример, подтверждающий закон Гросганса. Других мы не нашли; сам же автор, почти всегда, a priori находивший и принимавший свои законы, не приводит ни одного.

Остановившись над удельным весом газообразных тел, Гросганс полагает, что он равен (полагая удельный вес паров воды за 1) числу простых атомов, заключающихся в исследуемом теле, деленному на 3. Это совершенно неверно. Сравнивая удельный вес газа, при точке кипения, с удельным весом жидкости, при той же температуре, Гросганс находит «степень расширения». Для ртути [262] она = 3484 (§ 24, а по Гросгансу 3256), для иода 327, брома 511,6, эфира 237,6; для спирта 461,2 и для воды 1656 (а по Гросгансу 1624). Далее Гросганс замечает, что четыре свойства постоянно неразлучны: равная «степень расширения», равная точка кипения, сходство или кратность удельного веса жидкостей и аналогия состава. Мы не нашли таких двух тел, которые удовлетворяли бы этим условиям, а сам автор снова не дает ни одного примера, а только замечает, что «степень расширения» воды почти равна $\frac{1}{2}$ степени расширения» ртути. Не останавливаясь на некоторых других положениях Гросганса, посмотрим, как он доказывает сложность многих тел, почитаемых нами за простые, и как находит в них число простых атомов. Вот терминология Гросганса. Восстановленный объем (reduziertes Volum) есть $RV = V \cdot \frac{m}{m + e}$, где буквы имеют значение, указанное ранее. Тела одной группы суть те, у которых $\frac{RV}{RV'} = 1 = \frac{Exp'}{Exp}$, где Exp означает «степень расширения». Siedaequivalent (обозначим его чрез SE) есть истинное число атомов простых тел в данном теле.

Для тел, состоящих из $C^pH^qO^r$ и $C^{p'}H^{q'}O^{r'}$ и принадлежащих к одной группе, Гросганс дает уравнение:

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{p+q+r}{p'+q'+r'}.$$

[263] Подтверждающих фактов он не приводит, а мы не нашли тел, имеющих $\frac{RV}{RV'} = 1$, т. е. принадлежащих к одной группе. Для спирта RV = 280, для эфира = 566, для древесного спирта = 201, для уксуснокислого эфиля = 437, для воды = 82,4, для уксусной кислоты = 247. Тела, ближайшие по величине RV, суть спирт и уксусная кислота, древесный спирт и уксусная кислота. Для первой пары:

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{0{,}799}{0{,}063} = 0{,}751 \text{ и } \frac{p+q+r}{p'+q'+r'} = \frac{9}{8} = 1{,}125,$$

т. е. закон Гросганса неверен; для второй же пары, т. е. для древесного спирта и уксусной кислоты:

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{0{,}804}{1{,}063} = 0{,}756 \text{ и } \frac{p+q+r}{p'+q'+r'} = \frac{6}{8} = 0{,}750.$$

Здесь есть случайное сходство; потому что для названных тел уравнение $\frac{Exp'}{Exp} = 1 = \frac{RV}{RV'}$ не существует:

$$\frac{Exp'}{Exp} = \frac{588}{656} = 0{,}820, \text{ а } \frac{RV}{RV'} = \frac{201}{247} = 0{,}865.$$

Других случаев, где было бы справедливо или почти справедливо уравнение для $\frac{\Delta}{\Delta'}$, мы не нашли. Гросганс, уверенный в справедливости его, говорит, что все неподходящие тела имеют бо́льшее число атомов против того, какое мы считаем в них, т. е. для них

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{SE}{SE'},$$

[264] т. е., зная удельный вес тел одной группы, мы можем знать истинное число атомов, если только оно известно для одного из тел этой группы. Гросганс нашел, что тела, содержащие хлор, иод и серу, имеют не то число атомов, какое мы считаем в них, тогда как соединения C, H и O имеют известное нам число атомов. Из исследования нескольких соединений Cl, J, Br, S и N автор нашел, что для них истинное число атомов (Siedaequivalent) есть 2, 3 и 4 для серы (т. е. пай серы S в одних телах состоит из 2-х, в других из 4-х или 3-х атомов, если в H один атом), для азота 3, для хлора 14, для брома 30, для иода 43.

Мы нарочно остановились на исследованиях Гросганса, чтоб показать, какие натур-философские исследования встречаются еще иногда и в наше время. На долю удельных объемов досталось довольно много подобных. Неверность выводов Гросганса несомненна. Так,

например, по его правилам и числам атомов, в хлористом, иодистом и бромистом эфиле истинное число атомов есть 21, 50 и 37. В таком отношении должны бы находиться удельные веса этих тел, но на деле не так:

$$\underset{\Delta\, C^2H^5\,Cl}{0{,}921} : \underset{\Delta\, C^2H^5\,J}{1{,}976} : \underset{\Delta\, C^2H^5\,Br}{1{,}473} = 21 : 45{,}0 : 33{,}6$$

Отсюда, по правилу Гросганса, выводим для Cl, J и Br числа атомов: 14, 38 и 27.

[265] Еще раньше Гросганса появлялись попытки согласить число атомов с удельным объемом, что мы видели в теории Гмелина (§ 44) и в Шрёдеровой теории удельных объемов жидких органических соединений. Последняя (§ 51)[1] теория определяла, что, для тела $C^xH^{2y}O^z$ $V = (x + y + z) \times 64{,}8$, откуда $\frac{V}{x+y+z} = 64{,}8$, т. е. удельный объем, деленный на число паев, равен 64,8, если два пая H считать за один. Это несправедливо. В данной нами таблице мы пробовали считать число всех паев (т. е. считая H за один пай), но и тогда частное от деления объема на число паев было очень изменчиво (от 39 до 53), как и частное от $\frac{V}{x+y+z}$, которое в наших примерах изменяется от 58 до 70. Мы взяли объемы при точке кипения, как делал Шрёдер.

	$\frac{V}{x+y+z}$	$\frac{V}{x+2y+z}$
Вода H^2O	$\frac{117{,}4}{2} = 58{,}7$	$\frac{117{,}4}{3} = 39{,}1$
Спирт $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$	$\frac{388{,}3}{6} = 64{,}4$	$\frac{388{,}3}{9} = 43{,}1$
Эфир $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$	$\frac{663{,}7}{10} = 66{,}4$	$\frac{663{,}7}{15} = 44{,}2$
[266] Древесный спирт $\left.\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right\}O$.	$\frac{264}{4} = 64{,}0$	$\frac{264}{6} = 44{,}0$
$\left.\begin{matrix}CHO\\C^2H^5O\end{matrix}\right\}$	$\frac{538}{8} = 66{,}7$	$\frac{534}{11} = 48{,}5$
$\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\H\end{matrix}\right\}O$	$\frac{816{,}5}{12} = 68{,}0$	$\frac{816}{17} = 48{,}0$
Окись ацетила $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O$ . .	$\frac{687{,}5}{10} = 68{,}7$	$\frac{687{,}5}{13} = 52{,}9$
Альдегид $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}$	$\frac{348}{5} = 66{,}9$	$\frac{348}{7} = 49{,}7$
Бензойная кислота $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}O$.	$\frac{793}{12} = 66{,}1$	$\frac{793}{15} = 52{,}9$

[1] Schröder. Pogg. Ann. LXII—184 и 337.

Ацетон $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\CH^3\end{matrix}\right\}$	$\frac{485}{7} = 69{,}3$	$\frac{485}{10} = 48{,}5$
$\left.\begin{matrix}C^4H^4O^2\\2(C^2H^5)\end{matrix}\right\}O$	$\frac{1306{,}5}{19} = 68{,}7$	$\frac{1306{,}5}{26} = 50{,}2$
Горьк. минд. масло $\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}$	$\frac{740}{11} = 67{,}3$	$\frac{740}{14} = 52{,}9$
Коричн. масло $\left.\begin{matrix}C^{10}H^{13}\\H\end{matrix}\right\}$	$\frac{1153}{17} = 67{,}9$	$\frac{1153}{24} = 48{,}0$
Бутиль C^8H^{18}	$\frac{1190}{17} = 70{,}0$	$\frac{1190}{26} = 45{,}7$
Феноль $\left.\begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\right\}O$	$\frac{649}{10} = 64{,}9$	$\frac{649}{13} = 49{,}9$
	Среднее 66,7	47,8

Эти факты ясно показывают невозможность основать на числе (атомов или) паев точный способ определения удельных объемов или найти истинное число атомов, т. е. дать предпочтение Берцелиусовой теории ($H^2 = 1$ паю) пред Жераровой ($H^2 = 2$ [267] паям). Это еще очевиднее из следующих примеров:

Сернистый углерод CS^2	$\frac{340}{3} = 113{,}3$
Углекислота CO^2	$\frac{324}{3} = 108{,}0$
Сернистый эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}S$	$\frac{677}{15} = 45{,}1$
Двусернистый эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}S^2$	$\frac{663}{16} = 41{,}4$
Сернистая кислота SO^2	$\frac{276}{3} = 92{,}0$
Безводная серная кислота SO^3	$\frac{259}{4} = 64{,}7$
Анатаз $TiO = ti^2O$	$\frac{65{,}8}{3} = 21{,}4$
Окись магния Mg^2O	$\frac{68{,}5}{3} = 22{,}8$
Хлористый эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$	$\frac{450}{8} = 56{,}2$
Хлористая сера SCl	$\frac{253}{2} = 126{,}5$
Двухлористая сера SCl^2	$\frac{377}{3} = 125{,}6$

Хлорный водород HCl . . . . . $\frac{180}{2} = 90$

Кубическая селитра $\left.\begin{matrix}Na\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ . . . . . $\frac{239,7}{5} = 47,9$

Сернокислое кали $\left.\begin{matrix}SO^2\\K^2\end{matrix}\right\}O^2$ . . . . . $\frac{412,1}{7} = 58,8$

Углекислое кали $\left.\begin{matrix}CO\\K^2\end{matrix}\right\}O^2$ . . . . . $\frac{381,8}{6} = 63,6$

[268] Глицерин $C^3H^8O^3$ . . . . . $\frac{449}{14} = 32,1$

Сахар $C^{12}H^{22}O^{11}$ . . . . . $\frac{1336}{45} = 29,7$

Нельзя предполагать, чтобы эти числа приравнялись между собою под влиянием соответствующих температур. На основании приведенных чисел невозможно также (подобно Гросгансу) думать, что Cl, S и др. содержат более одного пая, потому что некоторые соединения названных тел имеют частное, близкое к тому (47,8), какое получается для соединения C, H и O, тогда как другие соединения того же тела имеют очень отдаленные числа. Сравните, например, все соединения серы.

И так при настоящем состоянии наших сведений число атомов не может служить важным пособием для общей теории удельных объемов, хотя некоторые факты и обещают в будущем многое в этом отношении.

§ 59. Влияние числа паев на объемы нашло себе весьма важную защиту в исследованиях Дана. [1] Амери[269]канский естествоиспытатель показал, что для всех тел гомеоморфных удельные объемы относятся между собою, как число паев, заключающихся в этих телах:

$$V : V' = m : n,$$

если m и n означают число паев простых тел в двух гомеоморфных телах. Из приведенного уравнения

$$\frac{V}{m} = \frac{V'}{n},$$

т. е. частные из удельных объемов на число паев одинаковы. Конечно, это не есть одинаковость полная, но только приближенность, в роде той, какую указал Копп для изоморфных тел (§ 43). Так как названное исследование имеет весьма большое значение и для Химии и для Минералогии, то мы и остановимся на нем.

---

[1] Dana. On the Isomorphism and atomic volume of some minerals. 1850. Sillim. Amer. Journ. (2) IX—220, 409, X—121, XII—204. Journ. f. prakt. Chem. LIV—115, LV—290. Pharmac. Zentralblatt, 1851—953, 1852—169. Ann. d. mines (4) XX—497. Lieb. u. Kopp Jahresbericht, 1850—28, 1851—19. Менделеев. Изоморфизм в связи с другими отношениями тел по форме и составу. Горн. Журн. 1855 г., авг. и сент., и особые брошюры, составляющие студенческую диссертацию, 1856, стр. 200.

Если изоморфизм есть близость соответствующих углов тел аналогических (и принадлежащих к одной системе), имеющих близкие объемы, то гомеоморфизм есть близость соответствующих углов (односистемных) тел, не имеющих аналогии в составе и близости в объемах. [1] Очевидно, что, определив причину гомёоморфизма, мы еще лучше [270] поняли бы изоморфизм. Притом изучение всякого явления весьма много выигрывает, когда оно произведено при равенстве одного из условий, определяющих это явление, а кристаллическая форма, после исследований Коппа, стала считаться одним из определяющих для объемов. Потому-то изучение объема гомеоморфных тел весьма важно и для определения формы и для исследования объемов. Сверх того, если правило Дана справедливо мы нашли бы ключ к многим недоступным нам теперь вопросам и притом чисто химическим. Положим, что мы нашли тело, гомеоморфное кварцу. Дана приводит два таких: киноварь и сузаннит. Для них:

Киноварь . . . . . $\infty P : \frac{1}{2} P = 146°32'$; $R = 92°36'$ и $\infty P : P = 127°\ 6'$

Кварц . . . . . $\infty P : \frac{1}{2} P = 147°23'$; $R = 94°15'$ и $\infty P : P = 128°13'$

Сузаннит . . . . . $\infty P : \frac{1}{2} P = 147°27'$; $\infty P : P = 128°3'$

Действительно, близость форм очень значительна, значит для них справедливо уравнение, данное Дана, потому что состав их различен.

$$\underset{\text{киноварь}}{Hg^2S}, \quad \underset{\text{кварц}}{Si^3O^3} \quad \text{и} \quad \underset{\text{сузаннит}}{\left.\begin{matrix} SO^2 \\ Pb^2 \end{matrix}\right\} O^2 + 3 \left.\begin{matrix} CO \\ Pb^2 \end{matrix}\right\} O^2},$$

а также и объемы

$$180 \qquad 217 \qquad \text{и} \qquad 1056$$

[271] Спрашивается теперь, какое же число паев в этих телах, особенно, какое число паев в кремнеземе, потому что его формула есть чисто эмпирическая. Положим сперва, что число паев есть то, какое означают наши формулы, т. е. 3, 6 и 25, тогда восстановленные объемы (т. е. V, деленный на число паев, как называет Дана) для киновари $= \frac{180}{3} = 60{,}0$; для кварца $\frac{217}{6} = 36{,}1$ и для сузаннита $\frac{1056}{25} = 42{,}2$. Вы видите, что нет равенства в восстановленных объемах, и предполагаете, что наши формулы неверны, думаете, что нашли способ определить число паев в кремнекислоте, т. е. то,

[1] Понятие о гомеоморфизме, смотри только-что названное в предыдущем примечании мое рассуждение, стр. 79 и таблица 3.

над чем многие напрасно трудились до сих пор. По теории Берцелиуса вы изображаете киноварь HgS, сузаннит $PbOSO^2 + 3PbOCO^2$, а для кварца считаете формулу сомнительную Si^xO^3. По правилу Дана должно быть (объем киновари на число ее паев) $\frac{180}{2} = \frac{217}{x+3}$, а также (объем сузаннита, деленный на число его паев = объему кварца, деленному на число паев) $\frac{1056}{21} = \frac{217}{x+3}$. Из первого уравнения $x = -0{,}59$, из второго $x = +1{,}30$. Противоречие очевидно и станет понятным, когда вы попробуете найти восстановленные объемы, считая число паев по теории Берцелиуса. Для киновари $\frac{180}{2} = 90$, для [272] сузаннита $\frac{1056}{21} = 50$, а для кварца, если он есть SiO^3, $\frac{217}{4} = 54$, если же SiO^2, $\frac{145}{3} = 48$. Все же нет большого согласия, особенно между восстановленными объемами киновари и кварца. Очевидно вы усумнитесь в справедливости закона Дана и захотите поверить его на других телах, выбирая, конечно, такие, у которых были бы, по возможности, близкие формы (у Дана приведено несколько с очень отдаленными) и притом наиболее известные по строению. Возьмем три случая. 1) Гомеоморфизм селитры с аррагонитом и витеритом, что доказал Г. Розе. Для аррагонита $\infty P = 116°16'$, а $\breve{P}\infty = 108°27'$, для селитры $\infty P = 119°$ и $\breve{P}\infty = 110°$, для витерита $\infty P = 118°30'$. 2) Гомеоморфизм известкового шпата, кубической селитры и красной серебряной руды. Для первой $R = 105°5'$, для второй $106°30'$ и для третьей $R = 108°18'$. Этот гомеоморфизм был доказан также Густ. Розе. 3) Дана показал, что бура гомеоморфна авгиту. Для буры (моноклиноэдрическая система) $C = 73°30'$, $\infty P = 87°$, $P = 120°$, для авгита $C = 74°$, а $\infty P = 87°6'$ и $P = 120°29'$. Сравним теперь состав, удельные (V) и восстановленные (RV) объемы этих тел, рассматривая состав и число паев как по Жераровой, так и по Берцелиусовой теориям.

[273] По теории Жерара:

Изв. шпат	$\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}$	O^2	V = 229,3	RV = 38,2
Кубич. сел.	$\left.\begin{matrix}NO\\Na\end{matrix}\right\}$	O	V = 239,7	RV = 47,5
Крас. сер. р.	$\left.\begin{matrix}Ag\\\frac{4}{3}\\Sb^3\end{matrix}\right\}$	S [1]	V = 194,8	RV = 64,7
Крас. сер. р.	$\left.\begin{matrix}Ag\\\frac{4}{3}\\As^3\end{matrix}\right\}$	S	V = 186,1	RV = 62,0

[1] Или правильнее $\left.\begin{matrix}Ag\\sb\end{matrix}\right\}$ $S = 3AgS + Sb^4S^3$.

Аррагон $\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$	V = 211,2	RV = 35,2
Витерит $\left.\begin{matrix}Ba^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2$	V = 259,5	RV = 43,2
Селитра $\left.\begin{matrix}K\\NO^2\end{matrix}\right\}O$	V = 301,9	RV = 60,4
Бура $Na^2B^4O^7 + 10H^2O$	V = 1389	RV = 32,3
Авгит Si^2O или пироксен $CaMg\left.\right\}O^2$	V = 213	RV = 30,4

По теории Берцелиуса:

Изв. шпат $CaOCO^2$	V = 228,3	RV = 45,7
Кубич. селитра $NaONO^5$	V = 479,4	RV = 59,9
Крас. сер. р. $3AgS, SbS^3$	V = 779,2	RV = 77,9
Крас. сер. р. $3AgS, AsS^3$	V = 744,4	RV = 74,4
Аррагонит $CaOCO^2$	V = 211,2	RV = 42,2
Витерит $BaOCO^2$	V = 259,5	RV = 51,9
Селитра K^2ONO^5	V = 603,8	RV = 75,5
Бура $NaO2BO^3 + 10HO$	V = 1389	RV = 46,3
[274] Авгит или пироксен $3CaO2SiO^3 + 3MgO2SiO^3$	V = 1278	RV = 45,6

Сообразивши первый и три тотчас приведенных примера, видим, что правило Дана не оправдывается над лучшими примерами гомеоморфизма ни в смысле теории Берцелиуса, ни при согласовании с мнениями Жерара. Отрицательное доказательство ложности закона Дана можно видеть из гомеоморфизма буры и авгита, для которых вышли одинаковые почти восстановленные объемы и по Берцелиусу, и по Жерару. Кроме ясного голоса фактов мы имеем многое другое против мнения Дана. Прежде всего как для этого, так и для мнения Гросганса, Гмелина и Шрёдера, весьма важно припомнить, что мы ничего не знаем о числе истинных атомов, а только определяем нашими химическими сведениями химические частицы точно так же, как по известному физическому свойству определяем иногда физическую частицу. Так, например, Грем, [1] исследуя быстроту распространения или смешения двух соприкасающихся жидкостей (Diffusion d. Flüssigkeiten), пришел к заключению о частицах, имеющих равный вес для всех тел. Так Фавр и Зильберман [2] между многими выводами из своих исследований о теплоте, отделяющейся при химических соединениях, нашли, [275] что соли в водном растворе и в кристаллах пред-

[1] Graham. Philos. Trans. 1851, I—1. Lieb. Jahresber. 1850—15.
[2] Favre et Silbermann. Compt. Rend. Acad. XXI—1081.

ставляют два полимерные видоизменения. Так по теплоемкости и другим свойствам определяются различные частицы. Но ничто не говорит нам о существовании частицы, во столько раз меньшей химической частицы, сколько в ней заключено паев. Да и что означает величина восстановленного объема? Уж конечно не объем отдельно взятого простого атома и не объем частицы сложного тела. Итак восстановленные объемы не имеют теоретического смысла, найдены ощупью. Должно не забывать, что число паев есть понятие условное, изменяющееся по смыслу теории. Притом к своему основному закону Дана присовокупил два других. 1) Для многих гомеоморфов восстановленные объемы неравны, но находятся в простом друг к другу отношении. 2) Для иных тел восстановленные объемы получаются не при делении на число простых паев, но на число паев кислоты и основания. К этим двум прибавочным законам, допускающим исключения из первого закона, прибавить должно и то, что такие величины, как 66,6 (восстановленный объем мышьякового колчедана) и 50,5 (RV либетенита) Дана считает сходственными и тем дает возможность сближать самые отдаленные числа. Неправильность заключений американского ученого видна еще из того, что он начал свои исследования именно над кремнекислыми соединениями, для которых, [276] сознается всякий, мы меньше, чем для всех других тел, знаем истинные формулы и истинное число паев. Но все-таки Дана начал с весьма поразительного факта, заставившего составить новую теорию. Не в первый раз видеть нам целую теорию, основанную на одном данном.

Для Дана послужили превосходные исследования Раммельсберга над турмалинами. [1] Все турмалины (R = 133°26′) по его анализам разделяются на 5 видоизменений:

Темные без LiO

1) Горькоземистые: желт. и бур. . . . . $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 3\ddot{R}\dddot{S}i$. V = 1808
2) Горькозем.-желез.: черные . $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 4\ddot{R}\dddot{S}i$. V = 2217
3) Железистые: очень темные . $\dot{R}^3\dddot{S}i^2 + 6\ddot{R}\dddot{S}i$. V = 3013

Светлые содер. LiO

4) Желез.-марганц.: зелен., голуб. и фиолет. . . . . $\dot{R}\dddot{S}i + 3\ddot{R}\dddot{S}i$. V = 1464
5) Марганцов.: красные и розовые . . . . . $\dot{R}\dddot{S}i + 4\ddot{R}\dddot{S}i$. V = 1850

Различие их объемов Дана изъяснил гомеоморфизмом, требующим равенства восстановленных объемов. Действительно они получаются очень близкими.

Для 1) $\frac{1808}{41} = 44{,}09$; 2) $\frac{2217}{50} = 44\,34$; 3) $\frac{3013}{78} = 44{,}31$;

4) $\frac{1464}{33} = 44{,}36$; 5) $\frac{1850}{42} = 44{,}05$.

[1] Rammelsberg. Pogg. Ann. 1850, LXXXI—34.

[277] Впрочем сосчитаем число паев по Жерару и найдем, какие будут тогда восстановленные объемы.

В первом видоизменении $3(R^2O)\ 2(Si^3O^3) + 3(Rr^6O^3Si^3O^3)$ заключается 66 паев, потому 1) $\frac{1808}{66} = 27{,}39$. Точно так же 2) $\frac{2217}{81} = 27{,}37$; 3) $\frac{3013}{111} = 27{,}14$; 4) $\frac{1464}{54} = 27{,}11$; 5) $\frac{1850}{69} = 26{,}81$.

Шаткость и непрочность начал Дана видна уже из одного того, что две различные теории приложимы к делу. А между тем странное же явление представляют эти турмалины — разный состав и объем, а форма, общий вид, все свойства одинаковы. Это действительно странное обстоятельство вполне изъяснится, когда мы приложим к нему начала Лорановых и Жераровых эквивалентов, т. е. соединим как изоморфы $\dot{R}$ и $\ddot{R}$, т. е. R^2O и $r^2O = al^2O$, fe^2O и mn^2O. Тогда всем пяти видоизменениям можно дать общую и весьма точную формулу:

$$(R \cdot r)^8 \cdot Si^3 \cdot O^7 = \left.\begin{matrix} Si^3O^3 \\ (Rr)^8 \end{matrix}\right\} O^4.$$ [1]

[278] По этой формуле удельный объем турмалинов 1-го видоизменения (горькоземистых) = 493,0; 2-го = 492,9; 3-го = 488,5; 4-го = 488,3 и 5-го = 482,6. Из этого ясно, что видоизменения турмалина суть изоморфы с равными или близкими удельными объемами и с аналогическим составом, а не гомеоморфы. Потому основою для вывода, сделанного Дана, служил факт, не принадлежащий к явлениям гомеоморфизма. То же должно заметить и о многих других телах, почитаемых Дана за гомеоморфы, тогда как они суть истинные изоморфы, в смысле Жераровой теории. Упомянем о нескольких случаях. 1) Серебряный блеск AgS и серебряно-медный блеск $AgS + Cu^2S$ не изоморфны (т. е. не имеют ни близких объемов, ни аналогии в составе), когда изобразили мы их по Берцелиусовой теории. По Жерару это будут $\left.\begin{matrix} Ag \\ Ag \end{matrix}\right\} S$ и $\left.\begin{matrix} Ag \\ cu \end{matrix}\right\} S$. 2) Ильменит $FeOTiO^2$ и железный блеск Fe^2O^3 перестанут быть гомеоморфами, ибо должны быть представлены $(Feti)^2O$ и fe^2O (§ 57). 3) Мышьяковистый колчедан ($FeS^2 + FeAs$) и марказит (FeS^2) станут, по новой[279] теории, также изоморфами Fe^2SAs и $Fe^2SS = Fe^2S^2$. 4) Фенакит ($Be^2O^3SiO^3$) и виллемит [$3(ZnO)SiO^3$],

[1] Эта формула предполагает изоморфизм окислов rO и RO и требует, чтобы сумма процентных содержаний кислорода в rO и RO относилась к процентному содержанию кислорода в Si^3O^3 так, как 4 относится к 3. При этом полагается, что борная кислота изоморфна с основаниями. Об изоморфизме окислов rO и RO (т. е. 3RO и R^2O^3 или $\dot{R}^3$ и $\ddot{R}$) писали после Лорана: Germann (в Москве) и Dana. Первый (Journ. f. prakt. Chem. 1853, LVIII—502) дал турмалину формулу $(\dot{R}\dot{R}\ddot{B})^8Si^3$, второй (Sillim. Amer. Journ. 1854, (2) XVII—211)—$(\dot{R}\ddot{R})^4\ddot{S}i$. Значение обеих совершенно одинаково как между собою, так и с приведенною нами формулою. Те же минералоги привели много других подобных фактов, сильно говорящих в пользу теории Жерара и Лорана.

гомеоморфные по теории Берцелиуса, по новой теории изоморфны. 5) Также авгит $[3(RO)\ 2(SiO^3)]$ и сподумен $[3(LiO)\ 2(SiO^3) + 4(Al^2O^3\ 2SiO^3)]$, которые по теории Жерара и Лорана суть $CuMgSi^2O^3$ и $Li^{\frac{2}{5}}al^{\frac{8}{5}}\ Si^2O^3$. Все названные тела имеют близкие формы, аналогический состав и близкие объемы. Таких тел много. Приведение их из ряда гомеоморфных тел в отдел аналогических и изоморфных есть одна из заслуг Лорановой и Жераровой теории. Но эти-то факты, для которых нам достаточно закона Коппа (§ 43), и послужили основою правилу Дана. Очевидно, что если для двух тел, имеющих по m атомов, $V = V'$, то и $\frac{V}{m} = \frac{V'}{m}$. Итак для истинных гомёоморфных (т. е. таких, для которых нет аналогии в составе) правило Дана не удовлетворяет, но для изоморфов оно, хотя и пригодно, однако вовсе не нужно. Тем не менее исследование Дана довольно важно, потому что оно появилось в то время, когда еще только-что стали развиваться понятия Лорана и Жерара, а вскоре за этим и сам Дана стал в ряду защитников идей французских химиков и теперь, вероятно, сам откажется от данного, за шесть лет, закона. Этот закон был вызван уверенностью в согласии формы и объемов.

[280] § 60. То же самое лежит и в основании исследования Гунта.[1] Он старался показать, что удельные объемы гемеоморфов находятся в простом отношении друг к другу, и оправдывал это полимерностию состава. Что же называл он простым отношением и как понимал полимерность?

Для квасцов, KaCl и NaCl, по мнению Гунта, объемы относятся так, как 35 : 10 : 7 (= 5,00 : 1,43 : 1), т. е. состав их есть

$$2\left[\left.\begin{matrix} SO^2 \\ K^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}} \end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O\right], \quad K^7Cl^7 \quad \text{и} \quad Na^{10}Cl^{10}.$$

Тогда их объемы почти равны, говорит Гунт:

$$\text{Квасцы} \quad 2\left[\left.\begin{matrix} SO^2 \\ K^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}} \end{matrix}\right\} O^2 + 6H^2O\right] \quad V = 1710$$

$$\text{Хлор. калий} \quad K^7Cl^7 \quad V = 1681$$

$$\text{Хлор. натрий} \quad Na^{10}Cl^{10} \quad V = 1699$$

Но ведь объемы все-таки неравны, и какое право имеем мы давать такие формулы, предполагать подобный полимеризм? Истинное отношение объемов есть не 35 : 10 : 7 = 5,0 : 1,43 : 1, а 5,05 : 1,41 : 1. Да разве есть тут простота? Если вы утверждаете, что она есть здесь, то вы ее можете отыскать везде. [281] Так и делает Гунт, потому что,

[1] T. S. Hunt (of the geological comission of Canada). On the constitution and equivalent-volume of some mineral species. Sillim. Americ. Journ. (2) XVI—203, XV—116, 226. Philos. Mag. (4) V—526. L'Institut, 1855, № 1124, 246.

по его мнению, все гомёоморфы, т. е., например, все тела правильной системы, имеют кратные объемы. Объемы алмаза 21,1, золота 127,1, серебра 128,3, платины 58,4, безводной мышьяковой кислоты 328,6, $Cu^4O = 155$; $Zn^2S = 152$, $Fe = 74,5$; $AgCl = 161,6$, $KJ = 334$, $NaJ = 269$, $\left.\begin{matrix}Pb\\NO^2\end{matrix}\right\}O^2 = 230,8$ и т. д. должны быть приведены к простому отношению. Мало того, Гунт старается совершенно приравнять объемы и тех изоморфных тел, для которых есть уже достаточная близость в объемах. Так, по Гунту:

Частица известкового шпата содержит $30\left[\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right]$

$V = 6879$

» доломита $36\left[\left.\begin{matrix}CaMg\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right]$

$V = 7200$

» горькоземистого шпата $40\left[\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right]$

$V = 7156$

Равенства полного все-таки нет. Чего же, спросим еще раз, достигли произвольным полимеризмом? Разве такие отношения как 30 : 36 : 40 суть простые? Есть ли в них точность? Не точнее ли будет взять отношения:

[282] $30\left[\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right] : 34\left(\left.\begin{matrix}MgCa\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right) : 39\left(\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right)$ *или*

$23\left[\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right] : 20\left(\left.\begin{matrix}MgCa\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right) : 18\left(\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right)$

или еще и еще несколько? Словом, произвол виден здесь на каждом шагу. Самые важные недостатки произведения Гунта есть те, что в нем лучший закон Коппа (соотношение разности в углах с разностию объемов) уничтожен и *близость* форм с усилием изъясняется *равенством* объемов. Не говорим уже о других недостатках рассматриваемого труда, читанного во Французской Академии. Его, как мы сказали вначале, вызвала мысль о согласии объема и формы. По нашему мнению ничто не служит поводом к удержанию этой мысли, потому что близость объемов самих изоморфных тел происходит от аналогии состава и близости свойств, и есть множество случаев, где сходные формы не определяют близких объемов. Об этом мы будем подробнее говорить в следующей главе, где рассмотрим удельные объемы аналогических тел.

§ 61. Мы исчислили таким образом все почти известные нам значительные исследования об удельных объемах твердых и жидких тел и о связи их с изоморфизмом. Упомянем об остальных, известных нам:

[283] Шрöдер, [1] Копп [2] и Жерар, [3] исследуя одновременно удельные объемы и точку кипения многих органических соединений, согласовали их между собою, полагая, что равная разность в составе определяет равную разность в температурах кипения. Шрöдер в последних своих трудах опроверг это. Вообще же весь ход исследования, достоинства и недостатки теории согласования точки кипения с составом одинаковы с теми, какие мы видели для объемов жидких органических соединений. [4]

[284] Кенготт [5] нашел, что для изоморфных и гомеоморфных тел твердость увеличивается вместе с уменьшением объема. Это утвердил он многими примерами (например, шпаты, fe^2O и al^2O, NaCl и AmCl и т. д.) и теоретическими соображениями .

Вудс [6] из формулы Персона [7] вывел уравнения: $(160 + t)\,V = \frac{L}{L-1}$ и $\delta = (L - 1)V$, где t есть температура плавления, V—удельный объем, L—скрытая теплота, отделяющаяся при плавлении, и δ—разность теплоемкости в твердом и жидком состояниях.

Вертгейм [8] и Купфер, [9] исследуя упругость металлов, нашли, что каждое обстоятельство, изменяющее плотность одного и того же тела, изменяет и упругость его, а Вертгейм старался, сверх того, [285] найти связь между расстоянием атомов или частиц (§ 8) и упругостию (E),

---

[1] Schröder. Die Siedhitze d. ch. Verbindungen, als das wesentlichste Kennzeichen zur Ermittlung ihrer Componenten etc. Mannheim. 1844. То же Pogg. Ann. LXII—184, 337. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIII—145. Sillim. Amer. Journ. I—115.
Schröder. Ueber die Siedhitze d. chem. Verbindungen. 1845. Pogg. Ann. LXIV—96.
Schröder. Ueber den Einfluss der Elemente auf die Siedhitze. 1845, Pogg. Ann. LXIV—361; 1846, LXVII—45; 1850. LXXIX—34; критика их: Löwig. Pogg. Ann. LXVI—250. Kopp. Pogg. Ann. LXXXI—374. Lieb. Ann. LXXVII—180.

[2] Kopp. Ueber Siedpunktsregelmässigkeiten und daraus abgeleitete Folgerungen etc. 1844, Pogg. Ann. LXIII—283. LXV—89.
Kopp. Ueber die Siedpunkte einiger isomerer Verbindungen und über Siedpunktsregelmässigkeiten überhaupt. Lieb. u. Wöhl. Ann. LV—166 Также. 1850. Pogg. Ann. LXXXI—374. Lieb. Ann. LXXVI—180.

[3] Gerhardt. Sur le point d'ébullition des hydrogènes carbonés. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XIV—107.

[4] Marignac (Arch. d. scien. phys. et natur. I—145) прекрасно изложил общие начала обеих теорий.

[5] Kenngott. Jahrbuch. d. geolog. Reichsanst. 1852, 4, 104. Berl. Fortschritte d. Phys. 1852.

[6] T. Woods. On the heat of chemical combinations. Phylos. Mag. (4) III—43, 299. Здесь он отчасти касается исследования изменений объемов, по крайней мере с теоретической стороны. Также Phylos. Mag. (4) IV—370.

[7] Person (Compt. Rend. Acad. XXIII—337. Pogg. Ann. LXX—302) дал формулу $L = \delta(160+t)$, где буквы имеют то же значение, что и в формуле Вудса. Также Person. C. R. XXVII—258.

[8] Wertheim. Ergänzungsb. z. Pogg. Ann. II—59. Ann. d. Chim. et Phys. (3) XII—358 и 581.

[9] Kupffer. Bullet. phys.-mathem. S.-Petersb. XII—№ 9 и 11.

для чего дает уравнение $\left(\frac{\Pi}{\Delta}\right)^{\frac{1}{3}} \times E = M$, где M есть величина постоянная для всех им исследованных металлов.

Фелич, [1] в своей теории диамагнитных явлений, равно как и Деларив, [2] говорят, что различие их от магнитных зависит от величины расстояния атомов между собою. Это подтверждается отчасти нашими сведениями об объемах, потому что Fe, Co и Ni (магнитные) имеют меньший удельный объем, а следовательно и расстояние частиц, чем Pt, Zn, Cr (слабодиамагнитные) и Hg, S, Zn, Pb, Ag, Au, Bi, As и Sb (диамагнитные).

Дюма [3] показал, что растворимость зависит от величины сжатия элементов при их соединении. Это он нашел над сернокислыми солями Mg, Ca, Ba и Sr. Зависимость растворимости от удельных объемов аналогических тел видна уже из того, что Горсфорд,[4] с одной стороны, показал за[286]висимость ее от величины пая, а Кремерс,[5] с другой стороны, — от удельного веса.

О последнем произведении Дюма, [6] где он рассматривает удельные объемы аналогических тел, мы будем говорить в следующей главе. Заметим теперь, что это краткое замечание показывает гениальную наблюдательность ветерана химии.

Замечание Г. Бекетова о удельных объемах сочетанных соединений [7] мы рассмотрим также в одной из следующих глав.

Если мы упомянем еще о исследованиях Коппа, [8] Наумана [9] и Гриффина[10] об удельных объемах сплавов и растворов, а также и об[287]щие статьи Коппа, [11] Отто [12] и Мариньяка [13] и замечания, рассеянные

[1] Felitzsch. Pogg. Ann. LXXXII—90, LXXXVII—206, 427. Karsten. Lehrgang d. mechanischen Naturlehre. III—295.

[2] De la Rive. Archiv d. Scien. phys. et natur. XXV—105.

[3] Dumas. The Athenaeum 1851. № 1237, 750. Sillim. Journ. (2) XII—275. L'Institut 1851—303. Lieb. Jahresbericht 1851—291.

[4] Horsford. Sillim. Americ. Journ. (2) IV—176.

[5] Kremers. Pogg. Ann. LXXXV—?7, 246.

[6] Dumas. Comp. Rend. 1854. XXXIX—1037 и 1069. Arch. d. Scien. phys. et natur. Genève. XXVIII—68.

[7] Бекетов. О некоторых новых случаях химического сочетания. Диссертация. С.-Петербург. 1853 г.

[8] Kopp. (Phys.-chemische Beiträge I часть, других, кажется, и не было). Ueber die Modification der mittlern Eigenschaft oder über die Eigenschaften von Mischungen in Rücksicht auf die ihren Bestandteile. 1841. Frankf. a. Main (224). Извлечение: Lieb. Ann. XXXIX—362.

[9] F. Naumann. Journ. f. prakt. Ch. XLIII—1, XLVI—381.

[10] John Griffin. Memoirs and Proceed. of the Chemical Soc. of London III—155.

[11] Kopp. Lieb. u. Wöhl. Ann. 1841. XL—173. Эта статья без подписи в особых годовых отчетах, но можно думать, что она принадлежит Коппу.

Kopp. Recherches sur les volumes specif. Ann. de Chim. et Phys. (3) IV—462.

Kopp. Uebersicht d. Resultate einiger Arbeiten, welche Regelmässigkeit in spec. Gew. und d. Siedpunkt. chem. Verbindungen behandeln. 1845. Journ. f. prakt. Ch. XXXIV—1.

Kopp. I Bd. Supplem. zu Handwörterbuch d. Chemie. Lieb., Pogg. u. Wöhl. Artik. Atomvolum.

[12] Graham-Otto's Lehrbuch d. Chemie. Braunschw. 1844. I, 544.

[13] Marignac. Arch. d. scien. phys. et natur. Genève 1—5, 13.

в годовых отчетах Берцелиуса, [1] Либиха и Коппа [2] и Берлинского физического общества, [3] то будем иметь довольно полный обзор литературы исследований об удельных объемах твердых и жидких тел. Изложение истории этого предмета, надеюсь, показало всю его важность, будущее значение и недостаточность разработ[288]ки, хотя Дюма, неутомимой деятельности Коппа и некоторым другим он обязан довольно уже многим.

По нашему мнению, весьма богатая будущность ожидает этот отдел физико-химических сведений. В последующих главах мы постараемся показать те части химии, где имеет весьма важное значение исследование удельных объемов твердых и жидких тел. Для этого расположим предмет следующим образом: сперва проследим то отношение, какое существует между удельными объемами тел, сходственных по составу, форме и свойствам; постараемся извлечь из этого рассмотрения то, что может служить на пользу естественной классификации минеральных и органических тел; потом рассмотрим величину изменения объемов, при образовании замещений и соединений различного рода; далее постараемся, на основании изучения состава, свойств и объемов кремнеземистых соединений, определить их строение, столь сомнительное до сих пор; наконец, сделаем несколько общих замечаний по поводу разбираемого нами предмета.

В выборе предмета и способов изучения и при выводах мы руководствовались не одними только фактами, изложенными в прилагаемых таблицах, но также сравнением и теоретическими соображениями, главною основою которых служила теория Жерара. Простейшие и для теории полезнейшие вопросы более других интересовали нас.

---

[1] Berzelius. Jahresbericht. XX—13, 25, XXI—13, XXII—5, 15, XXIII—1, XXV—24, XXVI—44, XXVII—24, XXVIII—2.

[2] Liebig u. Kopp. Jahresber. Весьма многие извлечения из работ, впрочем без критики и часто очень кратки.

[3] Dove. Repertorium d. Phys. I—136, VII—181. Die Forschritte d. Phys. (Berlin. Berichte) 1845—3, 1846—3, 1847—4, 1850/51—10.

[289] ТАБЛИЦА I

Паи простых тел по системе Жерара [1]

Азот. N. 87,5.
* 177,26 Berzelius (1819), * 177,0 Berzelius et Dulong, 175 Turner (1833), *175,8 Dumas et Boussingault, [2] 174,4 L. Svanberg, 174,4 Anderson, 175,0 Marchand und Erdmann, 175,25 Marignac, 175,1 Marignac, 175,06 Berzelius, 175,041 Eimbrodt, 175,2 Pelouse.

Барий. Ba. 427.
856,9 Berzelius und Turner, 855,5 Berzelius, 856,8 Marignac, 843,9 Berzelius, 858,0 Pelouse, 851,6 Struve, 854,8 Filhöl, 860,0 Andrews (1852).

Бериллий или Глиций. Be или G. 43,6 (be = 29).
*331,261 Berzelius, 87,124 (Liebig. Handwörterbuch), 86,5 Weeren, 88,11 Debray (1855).

Бор. B. 68,4.
136,2 Davy und Berzelius, 137,5 Laurent.

[290] Бром. Br. 483.
978,3 Berzelius, 942,9 Balard, 941 Liebig, 999,6 Marignac.

Висмут. Bi. 1330.
*1773,8 Berzelius, 2660 Schneider, 2660,7 Lagestielm.

Водород. H. 6,25.
*12,4354 Berzelius (1819), *12.48 Dulong и Berzelius, 12,50 Dumas.

Вольфрам. Wo. 575.
*1183,0 Berzelius, 1150,7 Schneider, 1150,6 Marchand.

Глиний или Алюминий. Al. 85,6 (al = 57,1).
171,2 Berzelius.

Железо. Fe. 175 (fe = 117).
*339,2 Berzelius (1809), 350,3 Berzelius, *321 Capitain, 350,5 Berzelius, 350,1 Maumené, 350,1 Erdmann und Marchand (1844), 349,6 Svanberg und Norlin, *338,7 Rivot (1850).

Золото. Au. 1229.
*1243,0 Berzelius, 1229,4 Berzelius (1845).

Иридий. Ir. 617.
1233,5 Berzelius.

Иод. I. 792.
1579,5 Berzelius, 1585,9 Marignac, 1585,6 Marignac.

---

[1] При выборе величины пая из известных разноречащих данных руководством служили правила, изложенные в параграфе 25. Звездочка * перед величиной наблюденного пая означает, что это число не принято во внимание для вывода среднего пая.

[2] Паи некоторых простых тел мы обозначали звездочкой потому, что знали неверность способа определения.

Кадмий. Cd. 348.
696,76 Stromeyer.

Калий. K. 244.
[291] 489,9 Berzelius, 487,0 Maumené, 489,3 Pelouse, 489,3 Mulder (1843), .488,86 Marignac.

Кальций. Ca. 125.
*256,0 Berzelius, 251,9 Berzelius (1843), 251,0 Marignac, 250,0 Dumas (1843), 250,0 Erdmann und Marchand (1843), 250,4 Erdmann und Marchand (1844), 249,3 Baup (1841).

Кислород. O. 100.

Кобальт. Co. 184.
368,9 Rothoff.

Кремний или Силиций. Si. 90,6. [1]
277,3 Berzelius, 266,8 Pelouse.

Литий. L. 40,5.
80,3 Berzelius, 81,7 (Bunsen).

Магний. Mg. 76.
*158,4 Berzelius, 154,5 Scheerer, 151,0 Scheerer (1846), 151,3 Scheerer (1847), 158,1 Marignac, 154,5 Svanberg, 157,7 Svanberg und Nordenfield (1848), 150,0 Donnell, 155,0 Bahr, 152,5 Jaquelin (1850), 150,0 Marchand und Scheerer (1850).

Марганец. Mn. 172 (mn = 115).
345,9 Berzelius, 344,7.

Молибден. Mo. 287.
*598,5 Berzelius, *575,8 Berlin (1847), 574,5 Struve, 574,7 Berlin (1850).

[292] Мышьяк. As. 469.
940,1 Berzelius, 937,5 Pelouse, 938,9 Marignac, 939,5 Kessler (1855).

Медь. Cu. 198. (cu = 396).
395,7 Berzelius, 396,6 Berzelius, 396,6 Erdmann und Marchand (1844).

Натрий. Na. 144,5.
290,9 Berzelius, 287,2 Pelouse.

Никкель. Ni. 182.
369,7 Rothoff, 355,0 Erdmann (1852).

Олово. Sn. 363,5 (sn = 182).
735,3 Berzelius, 725,7 Mulder, 720,0 Mulder (1849).

Осмий. Os. 622.
1244,5 Berzelius.

---

[1] Такой пай свойствен кремнию, принимая для кремнезема, вместе с Лораном и Жераром, формулу SiO, как самую простейшую и потому необходимую, что об соединениях ее мы очень мало знаем.

Палладий. Pl. 333.
665,9 Berzelius.

Платина. Pt. 617.
1233,5 Berzelius, 1235,7 Andrews (1852).

Родий. R. 325.
651,4 Berzelius.

Ртуть. Hg. 625 (hg = 1250).
*1265,8 Sefström, *1259,7 Sefström (Erdmann und Marchand), 1248,3 Svanberg, 1249 6 Millon, 1251,3 Marchand u. Erdmann, 1250,9 Marchand u. Erdmann (1844).

[293] Свинец. Pb. 647.
1294,5 Berzelius (1819), 1294,3 Berzelius (1831), 1294,2 Eimbrodt (1846).

Селен. Se. 491.
*494,6 Berzelius, 491,3 Sacc, 492,5 Erdmann, 491,2 Schrötter.

Серебро. Ag. 675.
1351,6 Berzelius, 1350,0 Turner (1833), 1350,3 Maumené, 1350,0 Marignac, 1349,0 Marignac, 1349,7 Berzelius, 1348 Strecker, 1350,0 Laurent (1849).

Стронций. Sr. 273.
547,3 Stromeyer, 548,02 Pelouse, 545,6 (Filhol).

Сурьма. Sb. 376.
*1612,9 Berzelius (1818), 1503 Schneider (Journ. f. prakt. Chem. 1856. LXVIII—115), 1508,67 H. Rose (ibid. 376).

Сера. S. 200.
*201,16 Berzelius (1819), 200,7 Marignac, 200,1 Erdmann u. Marchand (1845), 200,0 Struve (1851).

Теллур. Te. 401.
801,76 Berzelius.

Титан. Ti. 152.
303,7 H. Rose, 297,2 Mosander, 315,0 Pierre, 302,0.

Углерод. C. 75.
*75,3 Berzelius (1819), *76,436 Berzelius et Du[294]long, *75,3 Biot et Arago, *75,7 Liebig u. Redtenbacher, 75,8 Berzelius, 75,0 Erdmann u. Marchand, *75,4 Strecker, 75,1 Mitscherlich, 75,0 Dumas et Stass, 75,0 Stass (1849).

Уран. U. 373.
*2711 Arfvedson u. Berzelius, 742,87 Ebelmen, 746,36 Wertheim. 750,0 Peligot (1846).

Фосфор. P. 195.
392,3 Berzelius, 400,3 Pelouse, 387,5 Schrötter (1851), 377,5 Jacquelin (1851).

Фтор. F. 118.
233,8 Berzelius, 235,5 Marignac, 237,5 Loyet.

Хлор. Cl. 222.
442,7 Berzelius, 443,7 Maumené, 450 Erdmann u. Marchand, 443,2 Marignac, 443,8 Laurent, 450 Gerhardt (1845), 443,3 Marignac.

Хром. Cr. 164 (cr = 109).
*351,8 Berzelius, 335,6 Berzelius, 325—335 Peligot, 328,39 Berlin, 329,1 Moberg, 313 Jacquelin, 334 Wildenstein, 332,5 Lefort (1850).

Цинк. Zn. 204.
403,2 Berzelius et Gay-Lussac, 414,0 Jacquelin (1841), 412,5 Favre (1843), 406,6 Ax. Erdmann (1844).

Циркон. Zr. 210.
420,2 Berzelius, 419,25 Marignac.

[295] ТАБЛИЦА II

Удельные объемы газообразных тел

Примечание. Для каждого из газообразных тел мы обозначаем в первой строке: a) наименование его; b) химическую формулу двуобъемной частицы [1] и c) удельный объем частицы (V) названного тела, принимая объем пая кислорода за единицу. Обозначаем:

$$П : Д \times К = V, [2]$$

[296] где П — вес двуобъемной частицы, $Д$ — удельный вес названного тела, $К = 0{,}0110564$, т. е. $1 : \frac{100}{1{,}10564}$ или $\frac{1{,}10564}{100}$. (Смотри § 27 и 28). Потому удельный объем (V) равен П, деленному на $Д$ и умноженному на К.

---

[1] Для удобства мы изображали состав формулами в одну строку, хотя и придерживались Жераровского способа изображения. Тип воды $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ мы изображали H H, O или H^2R, O^2 и т. д.; тип водорода $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ и хлористого водорода $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$ мы изображали H, H и H, Cl или H, R и R, Cl, или R, Cl^2 и т. д.; тип аммиака $N\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$ мы изображали N, HHH или N, RHH или N^2, $R^1H^2H^3$ и т. д. Потому мы запятою разделяли изменчивую часть (водород) типа от неизменной. При расположении членов в изменчивой части мы ставили вообще простые металлические или основные радикалы дальше от запятой, чем сложные и кислотные. Водород основности мы ставили в самом начале в типах H H, O; H, H и H, Cl и в конце в типе N, H H H.

[2] Также для удобства в письме и печатании мы изображали дробь $\frac{П \times К}{Д}$ через $П : Д \times К$.

Во второй и следующих строках (если они есть) обозначен наблюденный удельный вес названного тела, принимая за единицу удельный вес воздуха, при равных температуре и давлении. При выборе Δ из этих наблюдений мы руководствовались правилами § 25. Звездочка перед величиною наблюденного объема означает, что это наблюдение не принято в соображение для вычисления удельного объема.

По объему V, всегда близкому к 2 (§ 28), можно отыскать: 1) удельный объем (V′) газа при 0° и 0^m, 760, полагая за единицу удельного веса вес воды и полагая пай кислорода = 100. $V' = V \times 1000 : K \times 1{,}293187$, где 1000 обозначает вес литра воды, а 1,293187 вес литра воздуха, по наблюдению Реньо. Так как V = почти 2, а K = 0,0110564, то V′ = 139872, или, так как V обыкновенно менее 2, почти 138000. 2) Удельный объем (V^t) газа при температуре t° и при 0^m, 760, полагая удельный вес воды за единицу. $V^t = V'(1 + t \times m)$, где m = коэффициенту расширения газа, m = почти 0,0037 (см. § 23). 3) Вес двуобъемной частицы (П) приближенно определяется из [297] удельного веса газа. $П = 180 \times \Delta$. 4) Также приближенно из веса двуобъемной частицы определяется удельный вес газа. $\Delta = П : 180$. (См. § 32).

1. Кислород. O^2. 200 : 1,10564 × K = 2,00000.
*1,087 Vauquelin et Seguin, *088 Allen et Pepys, *1,10266 Berzelius und Dulong, *1,103 Kirwan, *1,1036 Biot et Arago, *1,1052 Wrede, *1,10562 Th. de Saussure, 1,10563 Regnault 1845 г.,[1] из 4 опытов; 1,10564 Regnault 1848,[2] *1,10566 Dumas et Boussingault, *1,1117 Thomson, *1,128 H. Davy.

2. Сера. S^3, S^3. 1200 : 6,62 × K = 2,00416.
6,495 (493° C), 6,512 (506° C), 6,581—6,617 (524° C), Dumas (1832), 6,90 Mitscherlich (1833).

3. Азот. N^2. 175 : 0,97292 × K = 1,932.
*0,9426 Lavoisier, *0,967 H. Davy, *0,96913 Biot et Arago, 0,97137 Regnault, 1845, из 6 опытов, *0,972 Dumas et Boussingault (3 опыта), 0,97292 Regnault (1848), *0,9729 Thomson, *0,9757 Berzelius und Dulong, *0,985 Kirwan.

4. Фосфор. P^2, P^2. 780 : 4,45 × K = 1,983.
4,420 (313° C) и 4,355 (500°) Dumas (1832), 4,58 Mitscherlich (1833).

5. Мышьяк. As^2, As^2. 1876 : 10,65 × K = 1,947.
10,71 и 10,60 Mitscherlich (1833).

[298] 6. Хлор. Cl^2. 444 : 2,475 × K = 1,983.
2,34 Despretz, 2,395 H. Davy, 2,424 Gay Lussac, 2,470 Gay Lussac et Thénard, 2,5 Thomson, 2,713 Thomson.

7. Иод. J^2. 1584 : 8,716 × K = 2,009.
8,716 (185° C), Dumas (1826).

---

[1] Ann. de Chim. et Phys. (3) XIV—211.
[2] Pogg. Ann. LXXIV—202.

8. Бром. Br^2. 966 : 5,54 × K = 1,928.
9,54 $\left(99\frac{3^\circ}{4}\,C\right)$ Mitscherlich.

9. Синерод. Cy^2. 325 : 1,805 × K = 1,991.
1,80395 Thomson, 1,8064 Gay Lussac.

10. Водород. H^2. 12,5 : 0,06926 × K = 1,997.
*0,06880 Berzelius und Dulong, 0,06926 Regnault (1845), 0,06926 Regnault (1848), *0,0693 Dumas et Boussingault, *0,06933 Thomson, *0,0732 Biot et Arago, *0,0769 Lavoisier, *0,0092 Cavendisch.

11. Ртуть. Hg^2. 1250 : 1,003 × K = 1,97.
6,976 (446°) Dumas (1826), 7,03 Mitscherlich (1833).

12. Вода. H H, O. 112,5 : 0,625 × K = 1,996.
*0,616 (13°, 44) Schneeding (Lieb. An. 56 — 165), 0,622 Regnault, 0,6235 Gay Lussac, 0,625 Despretz, *0,652 Schneeding (при 43°,75), *0,6896 Thomsdorf.

13. Окись углерода. CO. 175 : 0,9572 × K = 2,02.
0,94 Dalton, 0,9409 Clementz und Despretz, 0,9569 Cruishancks, 0,9698 Thomson, 0,96779 B. Wrede, 0,9680 Marchand.

[299] 14. Углекислота. CO,O. 275 : 1,52910 × K = 1,9888.
*1,4993 Lavoisier, *1,518 Saussure, *1,519 Buff, *1,5196 Biot et Arago (1806), *1,52037 B. Wrede, *1,524 Allen et Pepys, *1,5245 Berzelius und Dulong, 1,52910 Regnault (1845), 1,52910 Regnault (1848), *1,5245 Biot et Arago, *1,528 Marchand, *1,5296 Saussure, *1,57 Cavendisch und Dalton.

15. Углерод-дву-водород или болотный газ, или водородо-метиль. CH^4 · 100 : 0,571 × K = 1,94.
0,491 H. Davy, 0,5554 Thomson, 0,5576 Thomson, 0,556 Henry, 0,559 (dans la Chimie d. Regnault), 0,6 Dalton, 0,67774 Cruikshancks.

16. Эфилен [1] C^2H^4. 175 : 0,975 × K = 1,98.
*0,909 Deiman, 0,967 Henry, 0,9709 Thomson, 0,9852 Saussure, 0,9784 (dans la Chimie d. Regnault).

17. Хлорно-эфилен. C^2Cl^4. 1038 : 5,82 × K = 1,971.
5,82 (Chimie organique par Gerhardt).

18. Двухлористый эфилен. C^2H^4, Cl^2 619 : 3,46 × K = 1,97.
3,46 ibid. (равно как и 19, 20, 21 и 22).

19. Двухлористый хлоро-эфилен. C^2H^3Cl, Cl^2. 835 : 4,70 × K = 1,96.

20. Двухлористый дву-хлороэфилен. $C^2H^2Cl^2$, Cl^2. 1050 : 5,796 × × K = 2,00.

[300] 21. Двухлористый три-хлороэфилен. C^2HCl^3, Cl^2. 1266 : 7,087 × × K = 1,97.

[1] Или светильный газ или маслородный газ. Начиная с этого 16 № до 46, все тела относятся к эфилевой группе.

22. Двухлористый хлорно-эфилен. C^2Cl^4, Cl^2. 1482 : 8,157 × K = = 2,00.

23. Эфиль. C^2H^5, C^2H^5. 362 : 2,0039 × K = 1,999.
2,0039 Frankland.

24. Водородо-эфиль. C^2H^5, H. 188 : 1,075 × K = 1,93.
1,075 Frankland u. Kolbe.

25. Алькооль. $H(C^2H^5)$, O. 287,5 : 1,613 × K = 1,97.
1,6133 Gay Lussac, *2,1 Dalton.

26. Эфир. (C^2H^5) (C^2H^5), O. 462,5 : 2,586 × K = 1,979.
*2,25 Dalton, 2,5860 Gay Lussac, 2,5861 Despretz.

27. Серно-спирт. [1] $H(C^2H^5)$. S. 387,6 : 2,11 = 2,003.
2,11 (Chimie organ. p. Gerhardt).

28. Хлористый эфиль. C^2H^5, Cl. 403,3 : 2,219 × K = 2,01.
2,219 Thénard.

29. Хлористый хлоро-эфиль. [2] C^2H^4Cl, Cl. 619 : 3,478 × K = 1,97.
[301]3,478 (Chimie organ. p. Gerhard). Оттуда же удельный вес газов под № 30, 31, 32, 33, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 46.

30. Хлористый дву-хлоро-эфиль. $C^2H^3Cl^2$, Cl. 834,7 : 4,530 × K = = 2,04.

31. Хлористый три-хлоро-эфиль. $C^2H^2Cl^3$, Cl. 1050,5 : 5,799 × K = =2,00.

32. Хлористый четыре-хлоро-эфиль. C^2HCl^4, Cl. 1266 : 6,975 × K = = 2,08.

33. Хлористый хлорно-эфиль. C^2Cl^5, Cl. 1482 : 8,157 × K = 2,01.

34. Иодистый эфиль. C^2H^5, J. 973 : 5,4749 × K = 1,98.
5,4749 Gay Lussac.

35. Кремнеземокислый эфиль. $(C^2H^5)^4Si^2$, O^4. 1309 : 7,32 × K = 1,98.
7,32 Ebelmen.

36. Борнокислый эфиль. $(C^2H^5)^3B$, O^3. 912 : 5,14 × K = 1,96.
5,14 Ebelmen.

37. Углекислый эфиль. $(C^2H^5)^2(CO)$, O^2. 737 : 4,09 × K = 2,00.

38. Муравьинокислый эфиль. $(C^2H^5)(CHO)$, O. 462,5 : 2,573 × K = = 1,98.

39. Щавелевокислый эфиль. $(C^2H^5)^2$ (C^2O^2), O^2. 912,6 : 5,087 × K = =1,99.
5,087 Dumas.

---

[1] Acide éthylsulfhydrique Zeise (1833).

[2] Это соединение есть хлористый эфиль, с хлорным замещением. Оно метамерно двухлористому эфилену (18), как хлористый двухлороэфилен (30) метамерен двухлористому хлороэфилену (19), и т. д. Пример этих тел ясно показывает, что метамерные тела имеют почти одинаковый удельный вес газа.

[302]40. Бензойнокислый эфиль. $(C^2H^5)(C^7H^5O)$, O. 937,5 : 5,409 × × K = 1,91.
5,409 Dumas.

41. Янтарнокислый эфиль. $2(C^2H^5)(C^4H^4O^2)$, O^2. 1087,6 : 6,22 × × K = 2,00.
6,22 D'Arcet (Pogg. Ann. 36—85).

42. Маслянокислый эфиль. $(C^2H^5)(C^4H^7O)$, O. 725 : 4,04 × K = 1,99.

43. Уксуснокислый эфиль. $(C^2H^5)(C^2H^3O)$, O. 550 : 3,067 × K = 1,99.

44. Валериановокислый эфиль. (C^2H^5) (C^5H^9O), O. 812,5 : 4,558 × × K = 1,97.

45. Эфильамин. N, (C^2H^5) H H. 281 : 1,59 × K = 1,95.

46. Стильбо-три-эфиль. Sb^2, (C^2H^5) (C^2H^5) (C^2H^5). 1328 : 7,438 × K = = 1,98.

47. Аммиак. N, H H H. 106,3 : 0,5966 × K = 1,97.
0,5931 Thomson, 0,5967 Biot et Arago (1806), 0,6 Kirwan.

48. Мышьяковисто-водород. As, H H H. 487,8 : 2,695 × K = 2,001.
2,695 Dumas (1826).

49. Какодиль. As^2 $(CH^3)^4$. 1313 : 7,101 × K = 2,04.
7,101 Bunsen.

50. Анилин. N, (C^6H^5) H H. 581,2 : 3,219 × K = 1,99.
3,219 Barruel.

51. Эфило-метилевый эфир. (C^2H^5) (CH^3), O. 375,1 : 2,158 × K = = 1,92.
[303] 2,158 Williamson. Он же и 52 и 53.

52. Эфило-амилевый эфир. (C^2H^5) (C^5H^{11}), O. 725,1 : 4,042 × K = = 1,99.

53. Метило-амилевый эфир. (CH^3) (C^5H^{11}), O. 637,6 : 3,74 × K = = 1,90.

54. Тетрилен или бутирен.[1] C^4H^8. 350 : 1,926 × K = 2,01.
1,926. Chimie organique p. Gerhardt. Также № 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64 и далее до 75.

55. Амилен. C^5H^{10}. 437,5 : 2,53 × K = 1,913.

56. Октилен. C^8H^{16}. 700 : 3,88 × K = 1,99.

57. Нонилен или элаен. C^9H^{18}. 787,5 : 4,28 × K = 2,03.

58. Тетриль или валиль. C^4H^9, C^4H^9. 712,5 : 4,053 × K = 1,95.

59. Амиль C^5H^{11}, C^5H^{11}. 887,5 : 4,8989 × K = 2,00.

---

[1] Соединение полимерное с эфиленом. Во всех полимерных телах удельный вес паров находится в прямом отношении к числу паев. Также № 55, 56 и 57.

60. Водородо-амиль. H, C^5H^{11}. 450 : 2,4998 × K = 1,99.

61. Метиль. CH^3, CH^3. 187,5 : 1,0365 × K = 2,00.

62. Сернистый амиль. (C^5H^{11}) (C^5H^{11}), S. 1087,6 : 6,3 × K = 1,90.

63. Альдегид или водородо-ацетиль. H, C^2H^3O. 275 : 1,532 × K = = 1,99.
1,532 Döbereiner.
[304] 64. Паральдегид. H^3, $(C^2H^3O)^3$. 825 : 4,583 × K = 1,99.

65. Пропионовый альдегид или водородо-пропионил H, C^3H^5O. 362,5 : 2,111 × K = 1,90.

66. Валериль или валериановый альдегид. H, C^5H^9O. 537,4 : 2,96 × × K = 2,01.

67. Ацетон. CH^3, C^2H^3O. 362,5 : 2,0025 × K = 2,00.

68. Окись ацетиля или безводная уксусная кислота. (C^2H^3O) (C^2H^3O), O. 637,6 : 3,47 × K = 2,03.

69. Окись бутириля. (C^4H^7O) (C^4H^7O), O. 987,4 : 5,38 × K = 2,03.

70. Окись валериля. (C^5H^9O) (C^5H^9O), O. 1162,4 : 6,23 × K = 2,06.

71. Древесный спирт: H (CH^3), O. 200 : 1,102 × K = 2,00.

72. Пропилевый спирт. H (C^3H^7), O. 375 : 2,02 × K = 2,05.

73. Амиль-алькооль. H (C^5H^{11}), O. 550 : 3,147 × K = 1,97.

74. Октиль-алькооль. H (C^8H^{17}), O. 812,5 : 4,50 × K = 1,98.

75. Уксусная кислота. H (C^2H^3O), O. 375 : 2,083 × K = 1,99.
2,083 Cahours (при 320° и более), * 2,88 Gay Lussac (129°), *2,7 — — 2,8 Dumas (132°).

76. Масляная кислота. H (C^4H^7O), O. 550 : 3,07 × K = 1,98.
3,07 Cahours (261°).
[305] 77. Бензойная кислота. H (C^7H^5O), O. 762,4 : 4,27 × K = 1,97.
4,27 Mitscherlich.

78. Хлористый ацетиль. C^2H^3O, Cl. 490,8 : 2,87 × K = 1,90.
2,87 Gerhardt.

79. Синеродистый метиль. CH^3, CN. 256 : 1,45 × K = 1,95.
1,45 Dumas.

80. Синеродистый амиль. C^5H^{11}, CN. 606,3 : 3,335 × K = 2,00.
3,335 Balard.

81. Хлористый амиль. (C^5H^{11}), Cl. 666 : 3,81 × K = 1,91.
3,81 Gerhardt, Chimie.

82. Хлористый мышьяк. As, Cl^3. 1136 : 6,3006 × K = 1,99.
6,3006 (175°) Dumas.

83. Хлористый кремний. Si^2, Cl^4. 1072 : 5,939 × K = 1,99.
5,939 (100°) Dumas 1826.

84. Хлористый титан. Ti^2, Cl^4. 1192 : 6,836 × K = 1,90.
6,836 (143°) Dumas.

85. Двухлористое олово. Sn^2, Cl^4. 1615 : 9,1997 × K = 1,93.
9,1997 (124°) Dumas 1826.
[306]86. Серноамиль-алькооль. $H(C^5H^{11})$, S. 650 : 3,73 × K = 1,93.
3,73 Gerhardt, Chimie org.

87. Фтористый кремний. Si^2, F^4. 656 : 3,577 × K = 2,02.
3,5735 Davy, 2,990 Thomson, 4,17 Dalton, 3,600 Dumas.

88. Твердый хлористый синерод. Cy^3, Cl^3. 1153 : 6,35 × K = 2,00.
6,35 Bineau (см. 105).

89. Бромистый синерод. Br, Cy. 643,5 : 3,607 × K = 1,98.
3,607 Serullas.

90. Хлористый хромиль. (Cr^2O^2), Cl^2. 960 : 5,61 × K = 1,89.
5,9 Walter, 5,5 Dumas, 5,69 Bineau (147°), 5,35 Bineau (127°).

91. Каломель Hg^2, Cl = hg, Cl. 1472 : 8,35 × K = 1,95.
8,35 Mitscherlich.

92. Сулема. Hg^2, Cl^2. 1694 : 9,8 × K = 1,91.
9,8 Mitscherlich.

93. Безвод. мышьяковистая кисл. (As^2O^2) (As^2O^2), O^2. 2475 : 13,85 × × K = 1,98.
13,85 Mitscherlich.

94. Безводная серная кислота. SO^2, O. 500 : 2,891 × K = 1,91.
2,772 Bineau, 3,01 Mitscherlich.
[307]95. Безводная сернистая кислота. SO, O. 400 : 2,235 × K = 1,98.
2,1930 H. Davy, 2,208 H. Davy, 2,22216 Thomson, 2,234 Thénard, 2,247 Berzelius, 2,2553 Gay Lussac et Thénard, 2,2567 Marchand, 2,265 Kirwan.

96. Хлористый водород. H, Cl. 228 : 1,270 × K = 1,98.
*1,123 Dalton, 1,2474 Biot et Arago, 1,278 Biot et Gay Lussac, 1,28436 Thomson, *1,43 Brisson, *1,93 Kirwan.

97. Иодистый водород. H, J. 798,2 : 4,443 × K = 1,98.
4,440 Gay Lussac.

98. Синеродистый водород. H, CN. 169 : 0,9476 × K = 1,97.
0,9476 Gay Lussac.

99. Сернистый водород. H H, S. 213 : 1,184 × K = 1,99.
1,106 Kirwan, 1,17906 Thomson, 1,1912 Gay Lussac, 1,1967 H. Davy, 1,236 Thénard.

100. Сернистый углерод. CS^2 = CS,S. 475 : 2,656 × K = 1,98.
2,6447 Gay Lussac, 2,668 (Graham-Otto, Lehrbuch).

101. Закись азота. N^2O. 275 : 1,505 × K = 2,02.
1,36293 Berthollet, 1,5204 Colin, 1,5269 Thomson, 1,614 H. Davy.

102. Окись азота. NO. 188 : 1,090 × K = 1,90.
[308]1,0388 Bérard, 1,04096 Thomson, 1,094 H. Davy, 1,1887 Kirwan.

103. Терпентинное масло. $C^{10}H^{16}$. 850 : 4,763 × K = 1,97.
4,763 (Graham-Otto, Lehrbuch). Также 104, 105, 108, 109.

104. Лимонное масло. $C^{10}H^{16}$. 850 : 4,8 × K = 1,95.

105. Газообразный хлористый синерод. CyCl. 384,5 : 2,125 × K = = 2,00 (см. 8).

106. Хлористый фосфориль. PO, Cl^3. [1] 961 : 5,347 × K = 1,98.
5,40 Wurtz, 5,295 Cahours (275°).

107. Хлористый сернофосфориль. PS, Cl^3. 1061 : 5,878 × K = 2,080.
5,878 Cahours (289°).

108. Нафталин. $C^{10}H^8$. 800 : 4,528 × K = 1,95.

109. Паранафталин. $C^{15}H^{12}$. 1200 : 6,741 × K = 1,95.

110. Хлористый фосфор. P, Cl^3. 861 : 4,80 × K = 1,98.
4,80 (Cahours, Pogg. Ann. 67—137).

111. Хлороэфилен. C^2H^3Cl. 391 : 2,166 × K = 1,99 (см. 16).
[309](Gerhard. Chimie Organique). Также № 112 до 114, 116 до 122.

112. Двусернистый эфиль. (C^2H^5) (C^2H^5), S^2. 762,6 : 4,27 × K = = 1,97 (см. 27).

113. Синеродистый тетриль, C^4H^9, CN. 518,7 : 2,892 × K = 1,99 (см. 79).

114. Синеродистый фен. C^6H^5, CN. 643,7 : 3,70 × K = 1,92.

115. Окись амиля. (C^5H^{11}) (C^5H^{11}), O. 987,6 : 5,535 × K = 1,97 (см. 26).
5,535 Wurtz (Journ. f. prakt. Chemie 86—156).

116. Валериановая кислота. H (C^5H^9O), O. 637,4 : 3,67 × K = 1,92 (см. 76).

117. Гексиль-алькооль. H (C^6H^{13}), O. 637,5 : 3,53 × K = 1,99 (см. 72).

118. Азотистокислый амиль. (C^5H^{11}) NO, O. 718,8 : 4,03 × K = 1,97.

119. Борнокислый амиль. $(C^5H^{11})^3$ B, O^3. 1,700 : 10,55 × K = 1,87 (см. 36).

120. Кремнекислый амиль. $(C^5H^{11})^4$ Si^2, O^4. 2359,2 : 15,2 × K = = 1,71 (см 35).

121. Горчичное масло. (C^3H^5) CN, S. 618,7 : 3,47 × K = 1,97.

122. Азотноватая кислота. NO^2. 287,5 : 1,62 × K = 1,66.
1,62 Graham-Otto, Lehrbuch (смотри № 101 и 102).

---

[1] Так как PO в фосфорной кислоте есть радикал трехосновный H^3 (PO), O_4 то хлористое соединение этого радикала образовано по типу H^3Cl^3.

[310] ТАБЛИЦА III

Удельные объемы твердых и жидких тел

Примечание 1. Для каждого тела в первой строке обозначены: 1) Название тела. 2) Его химическая формула. Если объем названного тела известен в газообразном состоянии, то пред формулой, в скобках, написан нумер, под которым данное тело внесено во вторую таблицу. Тогда формула обозначает двуобъемную частицу, если же тело неизвестно в газообразном состоянии, то формула его обозначает эквивалент или пай (см. § 3 и 4). Так, например, для металлов мы приняли общую формулу типа HH, основываясь на эквивалентах их со ртутью и водородом. Для углерода, по недостатку ему сходственного тела, взят пай. Для солей и для большей части других тел приняты формулы Жерара. Далее обозначен 3) удельный объем $П : Д = V$, где П — есть вес частицы, эквивалента или пая (смотря по тому, что обозначает формула), принимая пай кислорода = 100; $Д$ — есть удельный вес тела при обыкновенной температуре и полагая удельный вес воды за единицу; наконец V — есть вычисленный из этих данных удельный объем.

Во второй и следующих строках выписаны известные мне наблюдения над удельным весом тела [311] при обыкновенных температурах, с обозначением лиц, произведших эти наблюдения, или, по крайней мере, тех сочинений, в которых приведены данные числа. Употребленный нами способ оценки данных указан в § 25. Звездочка (*) перед величиною удельного веса обозначает то, что он не принят в расчет для получения среднего удельного веса.

С новой строки, под литерами, мы обозначили, если нам были известны, объемы того же тела в других состояниях, например при точке кипения, в диморфном состоянии и т. п. V K перед величиною объема обозначает объем тела при точке кипения, как вычислил его Копп в Liebig's Annal. 1855 года, XCVI — I, 135 и 303. Обозначены также, если были известны нам, и другие данные, необходимые для точного изучения удельных объемов, например, температуры плавления, коэффициент расширения и др.

Примечание 2. Общий порядок расположения тел в этой таблице есть следующий: тела по типам H,H,H,R и H,Cl, далее тела по типам HH, O; RH,O; RR, O; $R^n R^n$, O^n; H H, S и H H, S^2, тела типа N, H H H и N^m, H^m $H^m H^m$, и наконец тела, тип которых неизвестнен. Мы соединяем вместе тела по типам H,H и H,Cl, которые Жерар разделил. Это сделали мы, с одной стороны, для простоты и удобства, с другой стороны потому, что сам Жерар в дру[312]гих типах H H, O и N, H H H принимает замещение H типа хлором, Cy, J и Br и не полагает резкого отличия между металлами, радикалами спиртов, кислот органических и неорганических и гомологами хлора — CN, J, Br и Cl. Прежде всего определим удельные объемы простых тел, начиная с металлов.

1. Калий. K, K. 488 : 0,87 = 560,9.
0,865 (15°) Gay-Lussac et Thénard, 0,87 Sementini.
a) В расплавленном состоянии 488 : 0,84 = 580,9, по наблюдению Playfair and Joule. b) Плавится при 58° C. G. L. et Th.

2. Натрий. Na, Na. 289 : 0,95 = 304,2.
0,935 Davy, 0,972 (15°) Gay-Lussac et Thénard.
a) Плавится при 90°C. G. L. et Th.

3. Литий. Li, Li. 81 : 0,594 = 136,3.
0,5936 Bunsen (Lieb. Ann. 1855 г. XCIV — 109. Легчайшее из твердых тел).
a) Плавится при 180° C. Bunsen.

4. Магний. Mg, Mg. 152 : 1,74 = 88,0.
*1,69—*1,71 H. Kopp. *2,240 Playfair and Joule, *1,87 Wöhler, 1,743 Bunsen (5° C. Lieb. Ann. LXXXII — 137).

5. Кальций. Ca, Ca. 250 : 1,58 = 158,2.
1,5778 Bunsen (Lieb. Ann. 1855 г. LCIV — 109), 1,584—1,566 — 1,584. Matthiessen (Ann. d. Chem. (3) XLV—347).
[313] 6. Стронций. Sr, Sr. 546 : 2,54 = 215,0.
*4,0—*5,0 Gehler. *2,37—*3,53 H. Kopp. 2,5416 Bunsen (ibid.). 2,504—2,580 Matthiessen (ibid.).
a) Температура плавления около 1800° C. Karsten Physik II—46.

7. Барий, Ba, Ba. 854 : 3,7 = 231.
4,0 Davy, 3,60—3,50 H. Kopp.

8. Бериллий. Be, Be. 87 : 2,1 = 41,4.
2,1 Debray (Compt. Rend. XXXVIII—784, Lieb. Ann. XCII—252).

9. Глиний или алюминий. al, al. [1] 114 : 2,58 = 44,1.
2,50—2,67 (кованый) Wöhler (Pogg. Ann. 1845, LXIX—450), 2,56 (сплавленный) — 2,67 (кованый) S. C. Deville (Lieb. Ann. XCII—266).
a) Температура плавления выше, чем у Zn.

10. Кобальт. Co, Co. 368 : 8,61 = 42,7.
8,558 T. H. Hanry; 8,538 Tassaërt. Найу; 8,485 Brunner; 8,5131 Berzelius; 8,71 Lampadius; 8,9566 Rammelsberg (Berzelius-Jahresb. XXX—69), 8,500 Mitscherlich; *7,989 Playfair and Joule (мелкий).
a) Температура плавления около 1500° C. (Karsten. Physik).

11. Никкель. Ni, Ni. 364 : 8,58 = 42,4.
[314], 7,807 Brisson; 8,402 Tourte; 8,380 Tupputi; 8,637 Brunner; 8,279 Richter; 9,261—8,975 Rammelsberg; 8,477 Baumgartner; *7,832 Playfair and Joule (мелкий).
a) Температура плавления около 1500° C. (Karsten. Phys. II—46).

[1] Мы приняли эквивалент, а не Жераров пай глиния, как потому, что ни в одном из соединений не входит неизменный пай, так и потому, что, взявши эквивалент, мы для объема получаем число, близкое в объему Fe и др.

12. Медь. Cu, Cu. 396 : 8,85 = 44,7.
8,900 Herapath; 8,584 (крист.) Haüy; 8,895 Hathett; 8,721 Karsten; 8,830 Berzelius; 9,00 Muschenbroeck; 8,83 Otto — Graham Chemie (крист.); 8,921 ibid. (сплавленный); 8,729 Wertheim; 8,884 — 8,934—8,941 Playfair and Joule; *8,424. Playfair and Joule (порошок).
a) В жидком состоянии 396 : 7,27 = 54,4 по определению Playfair and Joule. b) Близ точки плавления, по опытам Daniell, объем меди = 1,024376, если при 0° = 1. c) Температура плавления 1398° C. Daniell, 1173 Plattner, 1050 Pouillet. d) Коэффициент кубического расширения для 1° C 0,000051 Lavoisier et Laplas, то же Horner, то же H. Kopp; то же Smeaton то же Dulong et Petit; 0,000052 Daniell, 0,000058 Troughton; 0,000055 Playfair and Joule.

13. Железо. Fe, Fe. 350 : 7,84 = 44,6.
*7,790 Karsten, 7,8439 Bröling (чистое сплавленное железо), 4,84 Paumarede (Comptes Rend. d. Acad. XXIX—508),*7,780 Brisson, *7,130. Playfair and Joule (мелкий порошок).
[315] a) Температура плавления 1600° C. Pouillet. b) Коэффициент кубического расширения на 1° C 0,000033 Roy, 0,000035 Borda, то же Bessel, то же Dulong et Petit, 0,000037 Lavoisier et Laplace, то же H. Kopp, 0,000038 Smeaton.

14. Марганец. Mn, Mn. 344 : 7,41 = 46,4.
7,05 Bertier; 6,861 Bergmann; 8,013 John; 8,030 Bachmann.
a) Температура плавления около 1500° C. Karsten Phys.

15. Хром. Cr. Cr. 328 : 7,01 = 46,8.
*5,90 Richter; *5,10 Thomson; 7,01 Bunsen und Frankland (Pogg. Ann. XCI—622).
a) Температура плавления около 1500° C. Karsten Phys.

16. Цинк. Zn, Zn. 408 : 7,04 = 55,0. [1]
6,802 — 7,190 Brisson; 6,9154 Karsten; 6,862 Berzelius; 7,2 Delarive, 7,178—7,145,—7,109. — 7,120 Bolley (Lieb. Ann. XCII), 6,869—6,992—6,956 Playfair and Joule; 6,938 (продажный), 7,140 (перегнанный) Wertheim.
a) Удельный вес жидкого 6,512 Playfair and Joule. b) Объем при 100° = 1,002480, если при 0° = 1. Близ точки плавления = = 1,012621 Daniell. c) Температура плавления: 370° Brogniardt, [316] 360° Pouillet, то же Berzelius, 342° Daniell, 415° (воздушный термометр) C. Person. (C. R. XXIII—162. Pogg. Ann. LXX—300, LXXVI—432). d) Коэффициент кубического расширения для 1° C 0,000088 Smeaton, 0,000089 Horner, то же Daniell, то же H. Kopp.

17. Кадмий. Cd. Cd. 696 : 8,61 = 80,9.
8,604 Stromeyer, 8,659 Herapath, 8,635 Karsten, 8,670 Children, 8,605 Wertheim.

---

[1] Продажного цинка средний удельный вес 6,91, потому удельный объем 408 : : 6,91 = 59,0.

a) Температура плавления 500° C. Karsten Phys., 321 Person (Pogg. Ann. LXXV—462). b) Коэффициент кубического расширения на 1° C. 0,000094 H. Kopp.

18. Свинец. Pb, Pb. 1294 : 11,35 = 114,2.
11,340 Wucherer; 11,385 Kupffer; 11,352 Meisner; 11,388 Karsten; 11,352 Herapath; 11,352 Brisson; 11,445 Muschenbroeck; 11,207 Boeckmann; 11,388 Morveau; 11,231 Playfair and Joule; 11,215 Wertheim; 11,363 (быстроохлажденный) — 11,254 (кристаллический) — 11,542 (гальваническим путем) — 11,225 (медленно охлажденный) S. C. Deville.

a) В жидком состоянии. 1294 : 10,51 = 123, по 4 опытам Playfair and Joule. b) В твердом состоянии близ точки плавления объем = = 1,009072, если при 0° = 1. c)Температура плавления : 322° C Crihton, 334° Pouillet, 320° Daniell, 325° Rudberg, 334° Kupffer, 326° (воздушн. терм.) Person (Pogg. Ann. LXXVI—432). d) Коэффициент кубического [317] расширения на 1° C : 0,000083 Daniell, 0,000085 Lavoisier et Laplas, 0,000086 Smeaton, 0,000087 Horner, 0,000089 H. Kopp.

19. Ртуть (11). Hg, Hg. 1250 : 13,596 = 91,939 при 0° C.
*13,5 при 0° Kupffer, Karsten, Cavollo, Rudberg, *13,588597 при 0° Biot et Arago, *13,595 при 0° H. Kopp, 13,59593 при 0° Regnault.

a) Твердая ртуть. 1250 : 14,67 = 85,2. 15,612 Biddle, 14,392 Schulze, 14,0 Kupffer. b) При точке кипения 1250 : 12,758 = 97,98 по определению Regnault. c) Температура плавления или замерзания — 39° C. d) Температура кипения + 360° C. e) Истинный коэффициент кубического расширения ртути на 1° C, по определению Dulong et Petit, между 0° и 100° C = 0,000180, между 100° и 200° = 0,000184, между 200° и 300° = 0,000189. По определению Regnault, если объем при 0° = 1, то при $t° = 1 + 0{,}000179\,t + 0{,}00000002623\,t^2$ (Lieb. u. Kopp. Jahresbericht 18 $\frac{47}{48}$ г. — 70).

20. Серебро. Ag, Ag. 1350 : 10,52 = 128,3.
*11,091 Muschenbroeck, 10,230 Breithaupt, 10,428 Karsten, 10,4743 Brisson, 10,528 G. Rose из 25 опытов над сплавленным серебром (Pogg. Ann. 1848—LXXIII—1,LXXV—406), *10,553 в монете G. Rose, *10,592 в порошке, полученном чрез осаждение G. Rose; 10,522—10,537 Playfair and Joule; 10,366 Wertheim.
[318] a) Жидкого или расплавленного серебра 1350 : 9,206 = 146,7 по определению Playfair and Joule. b) Близ температуры плавления объем серебра (твердого) = 1,020640, если при 0° = 1, по определению Daniell. 1,02 × 128,3 = 130,9. c) Температура плавления: 1220 Daniell, 1000 Pouillet. d) Коэффициент кубического расширения на 1° C 0,000057 Lavoisier et Laplas, 0,000059 Daniell, 0,000061 Troughton.

21. Золото. Au, Au. 2458 : 19,34 = 127,1.
19,258—19,257 Brisson, 19,207 Elliot, 19,35 Levis, 19,64 Ward, Cotes und Muschenbroeck, 19,33 G. Rose из 29 опытов над сплавленным золотом (Pogg. Ann. 1848, LXXIII—1, LXXV—406), *19,3185 (в монете) G. Rose, *19,49—*20,72 (в осадке) G. Rose, 19,407 Wertheim.
a) Температура плавления: 1421 Daniell, 1200 Pouillet. b) Коэффициент кубического расширения для 1° C 0,000034 Daniell, 0,000045 Laplace et Lavoisier.

22. Платина. Pt, Pt. 1234 : 21,13 = 58,4.
21,0 Borda, 21,45 Berzelius, 20,98—19,50 Brisson, 21,53 Wollaston, 23,54 Claud, 20,3 G. Rose, 21,06 Sickingen, 21,206 Playfair and Joule, *17,766 (в порошке) Playfair and Joule, *16,557 (в порошке) Liebig.
a) Температура плавления: 1700° C. Clarke. b) Коэффициент кубического расширения для 1° C [319] 0,000026 Borda; то же Daniell, то же Dulong et Petit, 0,000023 Froment, 0,000030 Troughton.

23. Палладий. Pd, Pd. 666 : 11,65 = 57,3.
11,30—11,86 Wollaston, 11,923 Breithaupt, 11,6 Benecke, 12,1 Lowry. 12,1 Vauquelin.
a) Температура плавления: 1700 Vauquelin. b) Коэффициент кубического расширения для 1° C 0,00003 Wollaston.

24. Родий. R, R. 650 : 11,0 = 59,1.
11,0 Wollaston, 11,2 Claud, 11,0 Hare (Berzelius Jahresbericht XXVIII—76).

25. Иридий. Ir, Ir. 1234 : 21,74 = 56,7.
*15,683 (в порошке) Berzelius, 19,50 Mohs, *18,68 Children, 23,55—22,11 Breithaupt, 21,8 Hare.
a) Температура плавления около 1800° C. Karsten Physik.

26. Осмий. Os, Os. 1244 : 19,5 = 63,4.
19,5 Thénard.

27. Уран. U, U. 746 : 18,4 = 40,5.
18,4 Peligot (Comptes Rend. Acad. LXII, № 3, Cosmos VIII—162, Journ. f. prakt. Chem. 1856, LXVIII—185).
a) Температура плавления около 1800°. Karsten Phys.

28. Титан. Ti, Ti. 304 : 5,29 = 57,4.
5,30 Wollaston, 5,280 Karsten.

29. Олово. Sn, Sn. 727 : 7,30 = 99,6.
[320] 7,317 Wucherer, 7,285 Herapath, 7,291 Kupffer, 7,290 Karsten, 7,291 Brisson, 7,312 Meisner, 7,295 Muschenbroeck, 7,2911 Rudberg, 7,306 Playfair and Joule, 7,285 Wertheim, 7,373 (медленно охлажден.), 7,239 (быстро охлажден.) S. C. Deville.
a) В расплавленном состоянии 727 : 6,93 = 105 по наблюдениям Playfair and Joule. b) По наблюдению Daniell объем близ тем-

пературы плавления = 1,003798, если при 0° = 1. c) Температура плавления 227° C Daniell, 230° Kupffer, 228° Rudberg, 213° Despretz, 230° Pouillet, 228° Crighton, 223° (воздушн. термом.) Person. d) Коэффициент кубического расширения на 1° C : 0,000062 Lavoisier et Laplas, 0,000063 Horner, 0,000053 Daniell, 0,000069 Smeaton, то же Kopp.

30. Висмут. Bi, Bi. 2660 : 9,81 = 270,1.
9,882 Thénard, 9,831 Herapath, 9,657 Karsten, 9,799 Marchand u. Scheerer, 9,822 Brisson, 9,935 (кристал.), 9,677 (быстро охлажден.) S. C. Deville, 9,670 Muschenbroeck, 9,800 Leonhard.
a) Расплавленного висмута Δ = 9,798 Playfair and Joule. b) Коэффициент кубического расширения для 1° C 0,000042 Smeaton, 0,000040 Kopp. c) Температура плавления 265° C Erdmann, 246° C Crighton, 256° Pouillet, 239° Daniell, 264° Rudberg, 266° (по воздушному терм.) Person (Pogg. Ann. LXXVI—432).

31. Молибден. Mo, Mo. 574 : 8,22 = 69,9.
[321] 8,615—8,636 Boucholz, 7,400 Hielm.

32. Вольфрам. Wo, Wo. 1150 : 16,86 = 68,2.
17,22 Allan et Aiken, 17,40 Boucholz; 17,60 D'Elhuyart; 13,5 Richte (Cosmos VIII—131); 16,54—17,5—18,26 Wöhler und Uslar (Lieb. Ann. XCIV—255).

33. Сурьма. Sb, Sb. 752 : 6,72 = 111,9.
6,701 Karsten, 6,610 Breithaupt, 6,852 Muschenbroeck, 6,702 Brisson, 6,72 Marchand und Scheerer, 6,712 Hatchett, 6,733 Boekkman, 6,860 Bergmann, 6,646 Mohs, 6,641 Wertheim.
a) Расплавленная сурьма 752 : 6,59 = 114: 6,587 Playfair and Joule. b) Температура плавления: 432° Mortimer. c) Коэффициент кубического расширения на 1° C 0,000033 Smeaton; то же Kopp.

34. Мышьяк (5). As^2, As^2. 1876 : 5,71 = 328.
5,700—5,959 Guibourt, 5,628 Karsten, 5,672 Herapath, 5,673 Brisson, 5,763 Stromeyer, 5,884 Turner, 5,766 Mohs, 5,230 Playfair and Joule.

35. Фосфор (4). P^2, P^2. 780 : 1,82 = 429.
*1,77 Berzelius, 1,800 Playfair and Joule, 1,826 (10°C) — 1,840 (10° C) Schrötter, 1,8263 (10° C) Kopp.
a) Красный фосфор 1,964. Удельный объем 780 : 1,96 = 388. b) При температуре плавления в твердом состоянии 780 : 1,70 = 459 по наблюдению Kopp. c) В жидком состоянии при температуре плавления 780 : 1,65 = 472 по на[322]блюдению Kopp. Δ = 1,649 Kopp. * 1,744 Playfair and Joule. d) Плавится при 44° Person и Kopp. e) Кипит при 290° C.

36. Теллур. Te, Te. 401 : 6,19 = 64,7.
6,258 — 6,130 Berzelius, 6,343 Reichenstein, 6,115 Klaproth, 6,180 Löwe (Journ. f. prakt. Chem. LX—163), 6,138 Magnus.

37. Селен. Se^3, Se^3. 2946 : 4,39 = 671.
4,30—4,32 Berzelius, 4,31 Karsten, 4,808—4,027 Hittorf, 4,801—4,276—4,286 Schaffgotsch, 4,509—4,46 Mitscherlich (L'Institut, 1855, № 1146. Кристаллы ромбической системы).

38. Сера ромбическая (2) S^3, S^3. 1200 : 2,067 = 581.
*2,033 Brisson, *2,020 Karsten, *1,99 Breithaupt, *1,898 Fontenelle, 2,072 Mohs, *2,027 Osann, 2,069 Kopp, *2,010 Playfair and Joule, 2,0705 (из Сицилии), 2,063 (из раствора), 2,0630 (из Гваделупы) Deville (Comptes Rend. XXV—857), 2,066 (природной)—2,045 (из раствора) Marchand und Scheerer.
a) Моноклиноэдрическая сера S^3, S^3. 1200 : 1,97 = 609. b) 1,9578 Deville, 1,982 Marchand und Scheerer. c) Аморфная бурая сера Δ = = 1,957 Marchand und Scheerer, 1,91 Deville. d) Серный цвет 1,913 Playfair and Joule. e) Твердая сера при температуре плавления Δ = = 1,888 Kopp. V = 635. f) Расплавленная сера при температуре плавления Δ = 1,798 Kopp, 1,807 Playfair and Joule V = [323,] 667. g) Плавится при 115° C Person, 115° C Kopp, 109° Pouillet 114°,5 C Brodie (для ромбической), 112° Frankenheim. h) Коэффициент кубического расширения на 1° C = 0,000183 Kopp.

39. Бор. B. 68 : 2,0 = 34.
2,0 в мемуаре Playfair and Joule.

40. Кремний Si. 90,6 : 2,49 = 36,4.
2,490 Wöhler (Chemisches Centralblatt 1856—146), 2,493 Harmening.
a) Despretz (Comptes Rend. XXVIII—755, XXIX—48, 545 и 709), употребляя до 600 пар Бунзена, нашел, что бор и кремний плавятся довольно легко при той температуре, при которой антрацит становится мягким, а платина и палладий совершенно жидкими.

41. Углерод. Алмаз. C. 75 : 3,544 = 21,16.
*3,336 Jacquelin, 3,516 (Pouillet Physique), 3,5212 Brisson (определил по известному алмазу французской короны Regent 136 каратов), 3,58 Mohs, 3,52 Sorby (Edinburg, Philos. Journ. L—149).
a) Графит. C. 75 : 2,12 = 35,7.
1,8—2,1 A. Nordenskijold, 2,14 Breithaupt, 2,5 Berzelius, 2,18 Sorby, 2,316 Poggendorff, 2,328 Karsten (искусств.), 2,229 Kenngott, 1,802—1,844 Löwe (Journ. f. prakt. Chem. LXVI—186). c) Антрацит. 75 : 1,73 = 47.
1,76 Sorby, 1,7 (Mineralogie Naum.). d) Опыты Despretz (Compt. Rend. XXVIII—755, [324] XXIX—48, 545 и 709) показали, что при действии очень сильного тока пластинки антрацита, сахарный уголь и графит становятся мягкими, но алмаз не плавится, а превращается сперва в графит (что показывает, что алмаз не огненного происхождения). [1]

[1] Другие опыты того же ученого (Despretz.Compt. Rend. XXXVII—369 и 443, L'Institut, 1853—303 и 317) показали возможность получения мелкого порошка алмазных кристаллов (которые шлифуют корунд и представляют тетраэдры) при

42. Иод (7). J, J. 1584 : 4,93 = 321,3.
4,948 (16°,5) Gay Lussac, 4,9173 (40° C) Billet.
a) В твердом состоянии при температуре плавления 1584 : : 4,825 = 328,3 Billet. b) В жидком состоянии при температуре плавления. 1584 : 4,004 = 396 Billet. c) Плавится при 107° C Gay Lussac, 107° Billet.

43. Хлор (6). Cl, Cl. 444 : 1,33 = 334.
1,33 Faraday.
a) Плавится при — 76°C Faraday (Berzelius Jahresbericht XXV—34).

44. Бром (8). Br, Br. 966 : 3,113 = 310,3.
2,985 Löwig (15°), 2,966 Balard (15°), 3,187 (0°) Pierre.
[325] a) При точке кипения 966 : 2,97 = 325,2. $\Delta = 2{,}9703$ Pierre.
b) Температура кипения 63° C Pierre.

45. Сортучка. $Au^{\frac{2}{9}} Hg^{\frac{16}{9}}$. [1] 1384 : 15,41 = 90.
15,412 Crookewitt.

46. Сортучка. Pb Hg. 1272 : 11,93 = 107.
11,93 Crookewitt.

47. Сортучка. $Cd^{\frac{4}{7}} Hg^{\frac{10}{7}}$. 1092 : 12,62 = 87.
12,615 Crookewitt.

48. Сплав. $Sn^{\frac{12}{7}} Pb^{\frac{2}{7}}$. 809 : 7,92 = 100,9.
7,9210 Kupffer.

49. Сплав. $Sn^{\frac{5}{3}} Pb^{\frac{1}{3}}$. 822 : 8,03 = 102,3.
8,0279 Kupffer.

50. Сплав. $Sn^{\frac{3}{5}} Pb^{\frac{2}{5}}$. 841 : 8,17 = 102,9.
8,1730 Kupffer.

продолжительном действии весьма слабого тока на уголь, служащий электродом в воде, или на некоторые жидкие соединения углерода. Это дает право думать, что алмаз произошел при весьма медленном разложении какого-либо из соединений его и при содействии воды.

[1] Для всех сплавов мы принимаем общую формулу H^2 или $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ или $R\frac{n}{p}Q\frac{2p-n}{p}$, где $\frac{n}{p}+\frac{2p-n}{p}=2$. Это мы делаем только для одного удобства в сравнении объемов сплавов и металлов, отдельно взятых. Так $Au\,Hg^8$ мы изображаем $\frac{2}{9}(Au\,Hg^8) = Au\frac{2}{9}Hg\frac{16}{9}$.

51. Сплав. $Sn^{\frac{14}{9}}\ Pb^{\frac{4}{9}}$. 854 : 8,38 = 101,9.
8,378 Wertheim.

52. Сплав. $Sn^{\frac{1}{2}}\ Pb^{\frac{1}{2}}$. 860 : 8,39 = 102,5.
8,3914 Kupffer.

53. Сплав. $Sn^{7}\ Pb^{\frac{3}{5}}$. 898 : 8,75 = 102,6.
8,750 Wertheim.

54. Сплав. $Sn^{\frac{4}{3}}\ Pb^{\frac{2}{3}}$. 916 : 8,761 = 104,5.
*8,637—8,7454 Kupffer, 8,777 Regnault.

[326] 55. Сплав: $Sn^{\frac{7}{6}}\ Pb^{\frac{5}{6}}$. 964 : 9,28 = 103,8.
9,2773 Pohl.

56. Сплав. Sn, Pb. 1010 : 9,409 = 107,3.
9,394 Crookewitt, 9,408 Wertheim, 9,4263—9,436 Kupffer, 9,387 Regnault.

57. Сплав. $Sn^{\frac{6}{7}}\ Pb^{\frac{8}{7}}$. 1051 : 9,64 = 109,0.
9,6399 Pohl (Темпер. плавл. 236° C).

58. Сплав. $Sn^{\frac{2}{3}}\ Pb^{\frac{4}{3}}$. 1104,7 : 10,022 = 110,2.
10,0782 Kupffer, 9,066 Crookewitt.

59. Сплав. $Sn^{\frac{1}{2}}\ Pb^{\frac{3}{2}}$. 1288,5 : 10,39 = 124,0.
10,3868 Kupffer.

60. Сплав. $Sn^{\frac{2}{5}}\ Pb^{\frac{3}{5}}$. 1181 : 10,56 = 111,8.
10,555 Kupffer.

61. Сплав, $Cu^{\frac{3}{4}}\ Zn^{\frac{5}{4}}$. 404 : 7,94 = 50,9.
7,939 Crookewitt.

62. Сплав. $Cu^{\frac{5}{5}}\ Zn^{\frac{4}{5}}$. 401 : 8, 22 = 48,8.
8,224 Crookewitt.

63. Сплав. $Cu^{\frac{4}{3}}\ Zn^{\frac{2}{3}}$. 400 : 8,39 = 47,7.
8,392 Crookewitt.

64. Сплав. $Cu^{\frac{4}{5}}$ $Pb^{\frac{6}{5}}$. 935 : 10,75 = 87,0.
10,753 Crookewitt.

65. Сплав. Cu, Pb. 845 : 10,375 = 81,4.
10,375 Crookewitt.

66. Сплав. $Sn^{\frac{4}{3}}$ $Zn^{\frac{2}{3}}$. 621 : 7,24 = 87,1.
7,235 Crookewitt.

67. Сплав. Sn, Zn. 507,5 : 7,13 = 79,6.
7,115 Crookewitt, 7,143 Wertheim.

[327] 68. Сплав. $Sn^{\frac{2}{3}}$ $Zn^{\frac{4}{3}}$. 515: 7,1 = 72,5.
7,096 Crookewitt.

69. Сплав. $Cu^{\frac{1}{3}}$ $Sn^{\frac{5}{3}}$. 673 : 7,65 = 88,0.
7,652 Crookewitt.

70. Сплав. Cu, Sn. 562 : 8,07 = 69,6.
8,072 Crookewitt.

71. Сплав. $Cu^{\frac{4}{5}}$ $Sn^{\frac{2}{3}}$. 507 : 8,51 = 59,6.
8,512 Crookewitt.

72. Сплав. Pb, Bi. 1977 : 10,79 = 183.
10,790 Wertheim.

73. Сплав. $Pb^{\frac{2}{3}}$ $Bi^{\frac{4}{3}}$. 2205 : 10,40 = 212.
10,403 Wertheim.

74. Сплав. $Pb^{\frac{4}{5}}$ $Sb^{\frac{2}{3}}$. 1122 : 10,10 = 111.
10,101 Wertheim.

75. Сплав. Pb, Sb. 1036 : 10,06 = 103.
10,64 Wertheim.

76. Сплав. $Pb^{\frac{2}{3}}$ $Sb^{\frac{4}{3}}$. 950 : 8,95 = 106.
8,946 Wertheim.

77. Сплав. $Pb^{\frac{6}{5}}$ $Ag^{\frac{4}{5}}$. 1316 : 10,74 = 122.
10,743 Wertheim.

78. Сплав. $Pb^{\frac{6}{5}}$ $Zn^{\frac{4}{5}}$. 1118 : 11,17 = 100.
11,172 Wertheim.

79. Сплав. $Pb^{\frac{4}{3}}\ Zn^{\frac{2}{2}}$. 999 : 11,13 = 89,7.
11,130 Wertheim.

80. Сплав. Pb, Zn. 851 : 9,43 = 90,2.
9,430 Wertheim.

81. Сплав. $Sn^{\frac{2}{3}}\ Hg^{\frac{4}{3}}$. 1076 : 11,38 = 94,5.
11,382 Kupffer.

[328] 82. Сплав. Sn, Hg. 989 : 10,34 = 95,6.
10,344 Kupffer.

83. Сплав. $Sn^{\frac{4}{3}}\ Hg^{\frac{2}{3}}$. 900 : 9,32 = 96,6.
9,319 Kupffer.

84. Сплав. $Sn^{\frac{2}{2}}\ Hg^{\frac{1}{2}}$. 859 : 8,82 = 97,4.
8,822 Kupffer.

85. Стильбоцинциль. (Sb^2, Zn^3) $Sb^{\frac{4}{5}}\ Zn^{\frac{2}{5}}$. 5579 : 6,48 = 861.
6,48 J. P. Cooke (Sillim. Amer. Journ. (2) XVIII—229).

86. Синерод. (9) C^2N^2. 325 : 0,866 = 375.
0,866 Faraday (Berzelius Jahresber. XXV—36).

87. Парациан. C^2N^2. 325 : 0,697 = 466.
0,6967 Gerhardt. Chimie organ.

88. Амиль. (59) C^5H^{11}, C^5H^{11}. 887,5 : 0,77 = 1152.
0,7704 Frankland.

89. Водородо-амиль (60) H, C^5H^{11}. 450 : 0,64 = 703,1.
0,6385 Frankland.

90. Салицин. H, $C^7H^5O^2$. 762,5 : 1,17 = 652.
1,173 Gerhardt. Chimie organ.

91. Анизиль. H, $C^8H^7O^2$. 850 : 1,09 = 780.
1,09 ibid.

92. Хлороформ. $CHCl^3$. 747 : 1,499 = 498.
1,500 (15°,5) Gregory, 1,5251 (0°) Pierre, 1,419 (17°) Regnault, 1,480 (18°) Liebig.
a) При температуре кипения по Kopp. VK = 532.

93. Альдегид или водородо-ацетиль. (63) H, C^2H^3O. [329] 275 : 0,796 = = 345.
0,790 (18°) Liebig, 0,8055 (0°) Pierre, 0,7941 (5°,4) Kopp.
a) VK = 348. b) Температура кипения 21°.

94. Водородо-пропионил. (65) H, C^3H^5O. 362,5 : 0,79 = 459.
0,79 Gerhardt. Chimie organ.

95. Водородо-бутириль. H, C^4H^7O. 450 : 0,82 = 549.
0,821 Gerhardt. Chimie organ.

96. Водородо-валериль или валераль. (66) H, C^5H^9O.
437,4 : 0,82 = 655.
0,820 ibid., 0,8224 Kopp (1855).
a) VK = 743. b) Кипит при 101°.

97. Водородо-рутиль. H, $C^{10}H^{19}O$. 975 : 0,84 = 1161.
0,837 Gerhardt. Chimie organ.

98. Масло отрубей. H, $C^5H^3O^2$. 600 : 1,17 = 513.
1,168 ibid.

99. Горькоминдальное масло или водородо-бензоиль.
H, C^7H^5O. 662,4 : 1,046 = 633.
1,0499 (14°,6) Kopp. 1,043 Gerhardt. Chimie organ.
a) VK = 740. b) Точка кипения: 179°.

100. Водородо-хлоро-бензоиль. H, $C^7H^5Cl^2$. 1006 : 1,245 = 807.
1,245 Gerhardt. Chimie organ.

101. Бензин или водородо-фен (Benzol). H, C^6H^5.
487,5 : 0,861 = 566.
0,8836 (15°, 3) Kopp, 0,85 (19°) Mitscherlich, 0,85 Faraday.
[330] a) VK = 600—623. b) Температура кипения 80°.

102. Три-хлоро-бензин. H, $C^6H^2Cl^3$. 1134 : 1,45 = 780.
1,45 (7°) Gerhardt. Chimie (кип. при 210°).

103. Нитробензин. H, C^6H^4 (NO^2). 768,7 : 1,21 = 635.
1,209 ibid.

104. Куминоль или водородо-кумиль. H, $C^{10}H^{11}O$. 925 : 0,97 = 953.
0,9727 (13°,4) Kopp.
a) VK = 1183. b) Кипит при 236°.

105. Цимен или водородо-тимиль или камфоген. H, $C^{10}H^{13}$.
837,5 : 0,842 = 994.
0,8678 (12°,6) Kopp, 0,801 (14°) Gerhardt, 0,8576 (16°) Noad.
a) VK = 1153. b) Кипит при 175°.

106. Ацетон или метиле-ацетиль (67). C^2H^3O, CH^3. 362,5 : 0,796 = 444.
0,7995 Kopp, 0,7921 Liebig.
a) VK = 485. b) Точка кипения 56°.

107. Эфиле-бутириль. C^4H^7O, C^2H^5. 825 : 0,90 = 916.
0,902 Gerhardt. Chimie organ.

108. Нафталин (108). $C^{10}H^8$. 800 : 1,10 = 727.
*0,9774 при 79°,2 Kopp, 1,048 (при обыкновен. температуре) Ure,
1,153 Reichenbach.
a) VK = 932. b) Точка кипения 218°.

109. Бутиль. C^8H^{18}. 712 : 0,70 = 1017.
0,7001 (16°,4) Kopp, 0,694 (18°) Kolbe, 0,7057 (0°) Wurtz.
[331] a) VK = 1161. b) Точка кипения 108°.

110. Стироль. C^8H^8. 650 : 0,92 = 706,5.
0,924 Gerhardt. Chimie organ.

111. Дву-хлоро-эфилен (16). $C^2H^2Cl^2$. 606,5 : 1,25 = 485.
1,250 ibid.
a) VK = 499. b) Кипит при 37°.

112. Хлорно-эфилен (17). C^2Cl^4. 1038 : 1,604 = 647.
1,619 (20°) Regnault, 1,55 (?) Faraday, 1,6490 (0°) Pierre.
a) VK = 721. b) Кипит при 123°.

113. Дву-хлористый эфилен [1] (18). C^2H^4, Cl^2. 619 : 1,625 = 490.
1,25 Gerhardt. Chimie org., 1,2803 Pierre (0°).
a) VK = 538. b) Кипит при 85°.

114. Дву-хлористый хлоро-эфилен (19). C^2H^3Cl, Cl^2. 835 : 1,42 = 588.
1,422 Gerhardt. Chimie organ.
a) VK = 664. b) Кипит при 115°.

115. Дву-хлористый дву-хлоро-эфилен (20). $C^2H^2Cl^2$, Cl^2. 1050 : : 1,576 = 671.
1,576 ibid.
a) VK = 766. b) Кипит при 137°.

116. Дву-хлористый три-хлоро-эфилен (21). C^2HCl^3, Cl^2. 1266 : 1,66 = = 761.
[332] 1,663 ibid.
a) VK = 894. b) Кипит при 154°.

117. Дву-хлористый хлорно-эфилен (22). C^2Cl^4, Cl^2. 1482 : 2,0 = = 741 (?).
2,0 ibid. (?).

118. Дву-хлористый тритилен. C^3H^6, Cl^2. 706 : 1,15 = 614.
1,151 ibid. до № 123.

119. Дву-хлористый хлоро-тритилен. C^3H^5Cl, Cl^2. 932 : 1,347 = 693.

120. Дву-хлористый дву-хлоро-тритилен. $C^3H^4Cl^2$, Cl^2.
1138 : 1,548 = 735.

121. Дву-хлористый пяти-хлоро-тритилен. C^3HCl^5, Cl^2.
1787 : 1,731 = 1031.

122. Дву-хлористый хлорно-тритилен. C^3Cl^6, Cl^2.
2001 : 1,860 = 1076.

123. Хлористый эфиль (28). C^2H^5, Cl. 403,2 : 0,897 = 450.
0,9214 Pierre (0°), 0,874 Gerhardt. Chimie organ.
a) VK = 456. b) Кипит при 11°.

[1] Или жидкость голландских химиков. Ее открыли: Deiman, Paets van Troostwyk, Bondt u. Lauverenburgh.

124. Хлористый хлоро-эфиль (29). C^2H^4Cl, Cl. 619 : 1,174 = 528.
1,174 Gerhardt, Chimie organ. (кипит при 64°).
Смотри 113.
a) VK = 553. b) Кипит при 64°.

125. Хлористый дву-хлоро-эфиль (30). $C^2H^3Cl^2$, Cl. 835 : 1,372 = 609.
1,372 ibid. См. 114.
[333] a) VK = 672. b) Кипит при 75°.

126. Хлористый три-хлоро-эфиль (31). $C^2H^2Cl^3$, Cl. 1050 : 1,53 = = 686.
1,530 ibid. (кип. 102°). См. 115.

127. Хлористый четыре-хлоро-эфиль (32). C^2HCl^4, Cl. 1266 : 1,644 = = 770.
1,644 ibid. (кип. 146°). См. 116.

128. Хлористый хлорно-эфиль (33). C^2Cl^5, Cl. 1482 : 2,0 = 741.
2,0 ibid. (?) (кип. при 182°). См. 117.

129. Четыре-хлористый углерод. CCl^4 [дву-хлористый хлорнометилен CCl^2, Cl^2 или хлористый хлорно-метиль CCl^3, Cl(?)]. 963 : 1,56 = = 617.
1,56 Regnault.

130. Дву-хлористый углерод (?). C^2Cl^4. 1038 : 1,57 = 661.
1,567 (12°) Riche.
a) VK = 660. b) Кипит при 78°.

131. Бромистый эфиль. C^2H^5, Br. 664 : 1,43 = 464.
1,4733 Pierre (0°), 1,40 Serullas.
a) VK = 490. b) Кипит при 40°,7.

132. Иодистый эфиль (34). C^2H^5, J. 973 : 1,96 = 497.
1,9755 Pierre (0°), 1,95 Gay Lussac.
a) VK = 539. b) Кипит при 71°.

133. Бромистый метиль. CH^3, Br. 577 : 1,66 = 347.
1,6644 (0°) Pierre.
a) VK = 364. b) Кипит при 13°,9.

134. Иодистый метиль. CH^3, J. 886 : 2,218 = 399.
[334] 2,1992 (0°) Pierre, 2,237 (22°) Dumas.
a) VK = 418. b) Кипит 43°,8.

135. Синеродистый эфиль. C^2H^5, CN. 344 : 0,78 = 441.
0,78 Pelouse.

136. Синеродистый амиль (80). C^5H^{11}, CN. 606 : 0,806 = 752.
0,8061 Balard.

137. Синеродистый хлорно-метиль. CCl^3, CN. 904 : 1,44 = 627.
1,44 Gerhardt, Chimie organ.

138. Синеродистый тритиль. C^3H^7, CN. 431 : 0,795 = 542.
0,795 ibid.

139. Синеродистый тетриль (113). C^4H^9, CN. 518,7 : 0,81 = 640.
0,81 ibid.

140. Иодопропилен (или иодотритилен). C^3H^5, J. 1038 : 1,79 = 580.
1,789 Berthelot et Luca.

141. Дву-иодистый пропилен. C^3H^6, J^2. 1846 : 2,49 = 741.
2,490 Berthelot et Luca.

142. Бромистый тетриль (или бутиль). C^4H^9, Br. 839 : 1,27 = 660.
1,274 Wurtz.

143. Иодистый тетриль. C^4H^9, J. 1148 : 1,60 = 717.
1,604 Wurtz.

[335] 144. Синеродистый фен (114). C^6H^5, CN. 643,7 : 1,00 = 643.
1,0073 ibid.

145. Синеродистый кумениль. C^9H^{11}, CN. 906 : 0,765 = 1184.
0,765 ibid.

146. Хлористый синерод (жидкий). C^3N^3, Cl^3. 1153 : 1,32 = 873.
1,32 Serullas.

147. Хлористый бензоиль. C^7H^5O, Cl. 878 : 1,22 = 719.
1,196 Liebig und Wöhler, 1,25 Cahours, 1,2142 (19°) Kopp.
a) VK = 858. b) Кипит при 198°.

148. Хлористый анизиль. $C^8H^7O^2$, Cl. 1066 : 1,26 = 846.
1,261 Gerhardt, Chimie organ.

149. Хлористый циннамиль. C^9H^7O, Cl. 1041 : 1,21 = 860.
1,207 ibid.

150. Хлористый сукциниль. $C^4H^4O^2$, Cl^2. 969 : 1,39 = 697.
1,39 ibid.

151. Хлористый ацетиль (78). C^2H^3O, Cl^2. 490,8 : 1,12 = 436.
1,125 Gerhardt, 1,1072 Kopp.
a) VK = 469. b) Кипит при 55°.

[336] 152. Хлористый фосфор (110). P, Cl^3. 861 : 1,53 = 563.
1,6162 (0°) Pierre, 1,45 Mitscherlich.
a) VK = 587. b) Точка кипения 78°,3.

153. Бромистый фосфор (110). P, Br^3. 1647 : 2,92 = 565.
2,9249 (0°) Pierre.
a) При точке кипения 1647 : 2,486 Pierre (175°,3) = 662.

154. Бромистый фосфиль. PO, Br^3. 1744 : 2,82 = 618.
2,822 Ritter.

155. Si^3S, Cl^4. 1358 : 1,45 = 936.
1,45 Pierre.

156. Хлористый мышьяк (82). As, Cl^3. 1136 : 2,20 = 516.
2,2050 (0°) Pierre.
a) При точке кипения 1136 : 1,799 = 631 Pierre (133°).

157. Двухлористое олово (85). Sn^2, Cl^4. 1615 : 2,27 = 711.
2,2671 (0°) Pierre.
a) При точке кипения 1615 : 1,983 = 810. Pierre (115°,4).

158. Хлористый титан (84). Ti^2, Cl^4. 1192 : 1,761 = 679.
1,7609 (0°) Pierre.
a) Точка кипения 136°. b) VK = 789.

[337] 159. Хлористый кремний (83). Si^2, Cl^4. 1072 : 1,524 = 703.
1,5237 (0°) Pierre.
a) При точке кипения 1072 : 1,396 = 767. Pierre (59°).

160. Бромистый кремний. Si^2, Br^4. 2116 : 2,81 = 753.
2,8128 (0°) Pierre.
a) При точке кипения (153°,4). 2116 : 2 419 = 874.
Pierre.

161. Хлористая сера. S, Cl. 422 : 1,167 = 253.
1,69 Dumas, 1,6802 (16°) Kopp, 1,70 Berthollet, 1,63 Thomson.
a) VK = 285. b) Кипит при 140°.

162. Дву-хлористая сера (86). S, Cl^2. 622 : 1,65 = 377.
1,62 Dumas, 1,68 Karsten.

163. Хлористый водород (96). H, Cl. 228 : 1,27 = 180.
1,27 Faraday.

164. Нашатырь. NH^4, Cl. 334 : 1,53 = 218,3.
*1,45 Wattson, 1,525 Holker, 1,50 Kopp, 1,528 Mohs, 1,578 — 1,533 Playfair and Joule.

165. Хлористый калий. K, Cl. 466 : 1,94 = 240,2.
1,94 Kopp, 1,994 Filhöl, 1,92 Karsten, 1,978 Playfair and Joule (2).

166. Хлористый натрий. Na, Cl. 366 : 2,16 = 169,9.
2,15 Kopp, 2,240 Filhöl, 2,011 Playfair and [338] Joule, 2,140—2,207 Grassi, 2,26 Mohs, 2,08 Karsten, 2,195—2,264 Deville, 2,136 Wertheim.

167. Хлористый барий. Ba, Cl. 649 : 3,71 = 175.
3,750 Filhöl, 3,70 Karsten, 3,7 Kremers.

168. Хлористый стронций. Sr, Cl. 495 : 2,88 = 172.
2,960 Filhöl, 2,80 Karsten.

169. Хлористый кальций. Ca, Cl. 347 : 2,22 = 156.
1,92 Karsten, 2,242 Boullay, 2,240 Filhöl, 2,485 Playfair and Joule.

170. Хлористый магний. Mg, Cl. 298 : 2,18 = 137.
2,177 Playfair and Joule.

171. Хлористый кобальт. Co, Cl. 406 : 2,94 = 138.
2,937 Playfair and Joule.

172. Полухлористая медь. Cu, Cl = 2Cu, Cl. 518 : 3,53 = 147.
3,68 Karsten, 3,376 Playfair and Joule.

173. Сулема (92). Hg^2,Cl^2. 1694 : 5,32 = 318.
5,420 Boullay, 5,14 Gmelin, 5,40 Karsten, *6,223 Playfair and Joule.

174. Каломель (91). hg, Cl = Hg^2, Cl. 1472 : 7,04 = 209.
7,140 Boullay, 7,176 (Graham-Otto, Lehrbuch), 6,99 Karsten, 6,707 Herapath, 7 178 Playfair and Joule.

175. Хлористое серебро. Ag, Cl. 897 : 5,44 = 164,9.
5,548 Boullay, 5,45 (Graham-Otto, Lehrbuch), 5,50—5,57 Karsten, 5,129 Herapath.

[339] 176. Хлористый свинец. Pb, Cl. 869 : 5,80 = 150.
5,80 Karsten, *5,24—*5,34 Monro, 5,802 Schabus (кристаллы. 1850).

177. Фтористый кальций. Ca, F. 243 : 3,18 = 76,4.
3,183 Kenngott из 60 опытов, 3,183 Wertheim.

178. Хлористая медь. Cu, Cl. 420 : 3,05 = 137.
3,054 Playfair and Joule.

179. Водная хлористая медь. Cu, Cl + H^2O. 532 : 2,53 = 210.
2,534 Playfair and Joule.

180. Хлористый кали-хромиль. [1] KCr^2O^3, Cl. 1094 : 2,48 = 441.
2,466—2,497 Playfair and Joule.

181. Водное хлористое олово. Sn, Cl + H^2O. 698 : 2,68 = 260.
2,710—2,588 Penny, 2,759 Playfair and Joule.

182. Водный хлористый барий. Ba, Cl + H^2O. 761 : 2,95 = 257.
3,05 Karsten, 2,664 Filhöl, 3,144 Playfair and Joule.

183. Водный хлористый стронций. Sr, Cl + $3H^2O$. 832 : 1,81 = 459.
[340] 1,603 Filhöl, 2,015 Playfair and Joule.

184. Водный хлористый кальций. Ca, Cl + $3H^2O$. 684 : 1,64 = 417.
1,635 Filhöl, 1,612 Kopp (10°), 1,680 Playfair and Joule.

185. Водный хлористый магний. Mg, Cl + $3H^2O$. 635 : 1,56 = 407.
1,558 Filhöl, 1,562 Playfair and Joule.

186. Водное хлористое железо. Fe, Cl + $2H^2O$. 622 : 1,94 = 321.
1,937 Schabus.

187. Водное хлористое железо и хлористый калий.
Fe, Cl + K, Cl + H^2O. 976 : 2,16 = 452.
2,162 Schabus.

188. 2Hg, Cl + Na, Cl + $2H^2O$. 2285 : 3,01 = 759.
3,011 Playfair and Joule. —

---

[1] Кали-хромилем мы называем одноосновный радикал кислого хромовокислого калия. Кислое хромовокислое кали есть (KCr^2O^3) (KCr^2O^3), O = $K^2Cr^4O^7$. Подобно тому назовем калисульфиль K^2SO^3 радикал безводного кислого сернокислого кали, равно как $SO^3C^2H^5$ есть сульфоэфиль, а $SO^3C^2H^5$, Cl его хлористое соединение. Мы старались развить этот взгляд в 6 главе.

189. Cu, Cl + NH^4, Cl + H^2O. 867 : 2,02 = 409.
2,018 Playfair and Joule.

190. hg, Cl + K, Cl + H^2O. 2273 : 3,74 = 608.
3,736 Playfair and Joule.

191. Бромистый калий. K, Br. 727 : 2,54 = 286.
2,672 Playfair and Joule, 2,41 Karsten.

192. Водный бромистый натрий. Na, Br + $2H^2O$. 853 : 2,34 = 364.
2,340 Playfair and Joule.

193. Бромистый свинец. Pb, Br. 1130 : 6,63 = 170.
6,63 Karsten.

[341] 194. Бромистое серебро. Ag, Br. 1158 : 6,35 = 182.
6,35 Karsten.

195. Бромистая ртуть. Hg, Br. 1108 : 5,62 = 197.
5,62 Karsten.

196. Полубромистая ртуть. hg, Br. 1733 : 7,31 = 235.
7,31 Karsten.

197. Иодистый калий. K, J. 1036 : 3,07 = 337.
*2,91 Karsten, 3,056 Filhöl, 3,059 Playfair and Joule, 3,086 Boullay.

198. Иодистый натрий. Na, J. 936 : 3,45 = 271.
3,450 Filhöl.

199. Иодистый барий. Ba, J. 1219 : 4,92 = 248.
4,917 Filhöl.

200. Иодистый свинец. Pb, J. 1439 : 6,17 = 233.
6,02 Karsten, 6,110 Boullay, 6,384 Filhöl.

201. Иодистая ртуть. Hg, J. 1417 : 6,26 = 226.
6,320 Boullay, 6,20 Karsten, 6,250 Filhöl.

202. Иодистое серебро. Ag, J. 1467 : 5,56 = 264.
5,614 Boullay, *5,03 Karsten, 5,500 Filhöl, 5,707 Damour, 5,366 Smith.

203. Полуиодистая ртуть. hg, J. 2042 : 7,70 = 265.
7,64 Karsten, 7,750 Boullay.

204. Красная соль Гмелина. K, C^3N^2fe. 686 : 1,82 = 381.
1,8004 Schabus, 1,845 Wallance.

205. Платино-синеродная соль бария. Ba, $C^{11}N^{11}Pt^5 + 11H^2O$.
6424 : 3,054 = 2103.
3,054 Schabus.

[342] 206. Хлористый купраммоний. NH^3 Cu, Cl. 526 : 2,19 = 240.
2,194 Playfair and Joule.

207. Хлористый ртутный аммоний. Nhg^2H^2, Cl. 2822 : 6,86 = 411.
6,858 Playfair and Joule.

208. Хлористый ртутно-аммоний. NH^2Hg^2, Cl. 1572 : 5,70 = 276.
5,700 Playfair and Joule.

209. Хлористый ртутно-аммоний с окисью ртути. NH^2Hg^2, Cl + Hg^2O.
2922 : 7,18 = 407.
7,176 Playfair and Joule.

210. Хлористый сульфоэфиль. $C^2H^5SO^2$, Cl. 803 : 1,36 = 590.
1,357 Gerhardt (см. № 180).

211. Вода или окись водорода (12). H H, O. 112,5 : 1,000 = 112,5 при 0° в жидком состоянии.
1,000 при 0° в жидком состоянии.
a) При точке кипения (100°) 112,5 : 0,9585 = 117,37.
0,9545 по формуле Hallström, 0,96064 Gay Lussac, 0,9584 Kirwan, 0,95853 Despretz, 0,9588 Kopp, 0,9582 Frankenheim.
b) Лед при 0°. 112,5 : 0,918 = 123,638.
0,888 Dulk, 0,937 Irvine, 0,945 Williams, 0,885 Meineke, 0,905 H. Kaft, 0,927 Osann, 0,950 Royer et Dumas, 0,920 Scoresby, 0,916 Berzelius, 0,920 Thomson, 0,905 Heinrich, 0,9184 Playfair[343] and Joule, 0,9180 Brunner (Playfair and Joule. Memoirs and Proceedings of the Chemic. Soc. of London II — 401. Brunner. Lieb. Ann. LVI—235).
c) Удельный объем воды наименьшей плотности (4°). 112,5 : : 0,9998917 = 112,488.
По Hallström.
d) Коэффициент кубического расширения льда 0,0001125 Brunner, 0,000105 Marchand (Journ. f. prakt. Chemie, XXXV—255). 0,0001572—0,0001539—0,0001554 Schumacher, Porth und Moritz

212. Перекись водорода. H^2O^2. 212,5 : 1,45 = 146,5.
1,453 Thénard.

213. Эфир или окись эфиля (26). (C^2H^5) (C^2H^5), O.
462,5 : 0,724 = 638,1.
0,7358 (0°) Pierre, 0,7290 (6°,9) Kopp 1847, 0,728 (7°) Delffs 1854, 0,7119 (24°,8) Gay Lussac, 0,713 Dumas et Boussingault (20°).
a) VK = 663,75. b) Температура кипения 35°,5 Pierre, 34°,9 Kopp, 35° Delffs.

214. Окись амиля (115). (C^5H^{11}) (C^5H^{11}), O. 987,5 : 0,799 = 1235.
0,7994 Wurtz (Annal. d. Chimie et Phys. (3) XLVI—222).

215. Серно-эфир или сернист. эфиль. (C^2H^5) (C^2H^5), S. 562,5 : 0,831 = = 677.
0,825 (20°) Regnault, 0,8367 (0°) Pierre.
a) VK = 767. b) Точка кипения 91°.

[344] 216. Дву-сернистый метиль. (CH^3) (CH^3), S^2. 587,7 : 1,05 = = 560.
1,0636 (0°) Pierre, 1,046 (18°) Cahours.
a) VK = 630. b) Кипит при 114°.

217. Дву-сернистый эфиль (122). (C^2H^5) (C^2H^5), S^2.
762,6 : 1,0 = 763.
1,0 Gerhardt. Chimie organ.

218. Двусернистый амиль. (C^5H^{11}) (C^5H^{11}), S^2. 1287 : 0,92 = 1400.
0,918 ibid.

219. Безводная уксусная кислота или окись ацетиля (68).
(C^2H^3O) (C^2H^3O), O. 637,6 : 1,076 = 592,5.
1,0799 (15°,2) Kopp, 1,073 (20°,5) Gerhardt.
a) VK = 687,5. b) Кипит при 137°,8 Kopp.

220. Окись бутириля (безводная масляная кислота) (69).
(C^4H^7O) (C^4H^7O), O. 987,5 : 0,978 = 1009.
0,978 Gerhardt. Chimie organ.

221. Окись валериля (безводная валериановая кислота) (70).
(C^5H^9O) (C^5H^9O), O. 1162,5 : 0,934 = 1244.
0,934 ibid.

222. Окись бензоиле-кумиля. (C^7H^5O) $(C^{10}H^{11}O)$, O. 1675 : 1,115 = = 1502.
1,115 (23) ibid.

223. Окись бензоиле-циннамиля. (C^7H^5O) (C^9H^7O), O. 1575 : 1,164 = = 1353.
1,164 ibid.

224. Окись ёнантиля. $(C^7H^{13}O)$ $(C^7H^{13}O)$, O. 1638 : 0,91 = 1,800.
[345] 0,91 Malerba.

225. Окись бензоила-ёнантиля. $(C^7H^{13}O)$ (C^7H^5O), O. 1525 : 1,04= = 1466.
*1,043 Malerba.

226. Окись эфиля-тетриля. (C^2H^5) (C^4H^9), O. 637 : 0,75 = 849.
0,7509 Wurtz.

227. Окись хлорно-эфиля. (C^2Cl^5) (C^2Cl^5), O. 2620 : 1,9 = 1397.
1,9 Regnault.

228. Окись бромо-хлорноэфиля. $(C^2Cl^3Br^2)$ $(C^2Cl^3Br^2)$, O.
3626 : 2,5 = 1465.
2,5 Malaguti.

229. Окись карбонила или углекислота в жидком состоянии (14).
CO, O. 275 : 0,88 = 312.
0,830 при 0° Thilorier, 0,93 Mitchell при 0°.
a) При + 30°, 275 : 0,66 = 416. 0,600 Thilorier, 0,7385 Mitchell.

230. Сернистый сульфо-карбониль или сернисто-углерод (100). CS, S.
475 : 1,28 = 340.
1,2693 Gay Lussac (15°), 1,272 Berzelius, 1,2931 Pierre (0°).
a) VK = 389. b) Кипит при 46°,6 Gay Lussac, 47°,9 Pierre.

231. Закись азота (101). N^2O. 275: 1,115 = 239.
1,115 Natterer.

232. Азотноватая кислота (122). NO^2. 287,5 : 1,45 = 198.
[346] 1,451 Graham-Otto Lehrbuch.

233. Сернистая кислота (95). SO, O. 400 : 1,45 = 276.
1,42 Faraday, 1,4911 Pierre.
a) VK = 274. b) Кипит при — 8°C.

234. Безводная серная кислота или окись сульфана (94).
SO^2, O. 500 : 1,93 = 259,0.
1,970 C. Bussy und Mitscherlich, 1,9546 Morveau, 1,857 Bineau.
a) Кипит при 35°.

235. Безводная иодистая кислота. (JO^2) (JO^2), O. 2064 : 4,25 = 485.
4,250 Filhöl.

236. Безводная борная кислота. B^2O^3. 437 : 1,8 = 243.
1,83 Berzelius, 1,803 Davy, 1,75 Breithaupt.

237. Безв. мышьяковистая кислота (93). As^4,O^4, O^2. 2476 : 3,73 = 657.
3,7358 (Graham-Otto Chemie), 3,884 Filhöl, 3,698 Royer et Dumas, 3,672 Herapath, 3,700 Leonhardt, 3,719 Karsten, 3,695 Guibourt.

238. Безводная мышьяковая кислота. As^2O^4, O. 1438 : 3,93 = 366.
4,023 Playfair and Joule, 3,734 Karsten, 3,729 Herapath, 4,250 Filhöl.

239. Безводная хромовая кислота. Cr^2O^2, O. 628 : 2,68 = 234.
2,676 Playfair and Joule.

240. Безводная молибденовая кислота, Mo^2O^2, O. 874 : 3,47 = 252.
[347] 3,46 Thomson, 3,49 Berzelius, 3,46 Bergmann.

241. Безводная фосфорная кислота. P^2O^2, O^3. 890 : 2,69 = 331.
2,687 Thénard.

242. Безводная вольфрамовая кислота. W^2O^2, O. 1450 : 6,18 = 234,6.
7,139 Karsten, 6,12 De Guyart, 5,273 Herapath.

243. Кремнезем. SiO. 190,6 : 2,653 = 71,84.
2,653 Scheerer, 2,653 Schaffgotsch (из 9 опыт.), 2,654 Beudant, *2,663 Deville.

244. Закись олова sn^2O. 827 : 6,67 = 124.
6,666 Herapath.

245. Окись олова. sn^2O = SnO. 464 : 6,80 = 68.
6,960 Mohs, 6,900 Boullay, 6,640 Herapath, 6,712 Playfair and Joule.
a) Видоизменение изоморфное брокиту 464 : 6,72 = 69 по определению Daubrée.

Окись титана или титановая кислота:

246. Рутил. $TiO = ti^2O$. 252 : 4,25 = 59,3
4,250—4,29 Breithaupt, 4,249 Mohs, 4,228—4,255 H. Rose, 4,283—4,26 Ebelmen (искусств.).

247. Анатаз. TiO. 252 : 3,86 = 65,3.
3,759—3,826 Bucholz, 3,912—3,927 H. Rose, 3,827 Mohs, 3,759 Breithaupt.

248. Брукит. TiO. 252. 4,18 = 60,3.
4,128—4,167 H. Rose, 4,125—4,220 (Кокшарова Минералогия) 4,21—4,23 (прозр.) Romanowsky.

[348] 249. Вольфрамовая окись. WO. 675 : 12,11 = 56.
12,111 Karsten.

250. Окись сурьмы. (Sb^2O) (Sb^2O), O. 1856 : 5,45 = 340.
5,251 Playfair and Joule, 5,778 Boullay, 5,57—5,21 Mohs.

251. Окись свинца. Pb^2O. 1394 : 9,33 = 146.
9,277 Herapath, 9,500 Boullay, 9,209 Karsten, *8,01 Dumas 9,361 Filhöl, 9,250—9,363 Playfair and Joule.

252. Перекись свинца. Pb^2O^2. 1494 : 8,90 = 168.
8,902 Herapath, 8,92 Karsten, 8,94 Muschenbroeck, 8,827 Playfair and Joule.

253. Полуторная окись свинца. $Pb^{\frac{3}{2}}O$. 1071 : 9,14 = 117.
9,096 Herapath, 9,190 Boullay.

254. Окись никкеля. $Ni^{\frac{4}{3}}O = ni^2O$. 343 : 4,83 = 71,2.
4,814 Playfair and Joule, 4,846 Herapath.

255. Закись никкеля. Ni^2O. 464 : 6,28 = 73,9.
5,597 Playfair and Joule, 5,745 Genth, 6,605 H. Rose, 6,661 Rammelsberg, 6,80 Ebelmen.

256. Ильменит. $Fe^{\frac{2}{3}}$ $ti^{\frac{4}{3}}$ O. 318 : 4,60 = 67,0.
4,37—4,39 Breithaupt, 4,75—4,78 Kupffer.

257. Окись цинка. Zn^2O. 508 : 5,65 = 89,9.
*5,432 Mohs, 5,600 Boullay, 5,734 Karsten, 5,657 Brock, 5,612 Filhöl.

258. Закись марганца. Mn^2O. 442 : 5,05 = 87,5.
4,726 Herapath, 5,380 Playfair and Joule.

[349] 259. Окись марганца. mn^2O. 329 : 4,58 = 71,8.
4.328 Gehlen, 4,818 Leonhardt, 4,593 Playfair and Joule.

260. Перекись марганца. Mn^2O^2. 542 : 4,08 = 132,8.
3,67—3,69 Gehlen, 4,81 Turner.

261. Полуторная окись марганца. $Mn^{\frac{1}{2}}\ mn^{\frac{3}{2}}\ O$. 358 : 4,58 = 78.
4,72 Leonhardt, 4,325 Playfair and Joule.

262. Закись ртути. $hg^2O = Hg^4O$. 2600 : 9,82 = 264.
10,690 Herapath, 8,95 Karsten.

263. Окись ртути. Hg^2O. 1350 : 11,15 = 121.
11,085—11,074 Herapath, 11,29 Royer et Dumas, 11,74 Berzelius, 11,196 Karsten, 11,000 Boullay, 11,344 Playfair and Joule, 11,135 Playfair and Joule (2).

264. Окись молибдена. MoO или mo^2O. 387 : 5,67 = 68.
5,666 Berzelius, 5,67 Boucholz.

265. Закись меди. $cu^2O = Cu^4O$. 892 : 5,76 = 155.
6,05 Herapath, 5,99 Mohs, 5,751 Karsten, 5,749 Royer et Dumas, 5,746 Playfair and Joule, 5,300 Boullay.

266. Окись меди. Cu^2O. 496 : 6,22 = 79,7.
6,430 Karsten, 6,130 Boullay, 6,401 Herapath, 6,322 Filhöl, 5,90 (из азотнокислой соли), 6,414 (из меди) Playfair and Joule, 6,093 (из уксуснокислой соли), 6,052 (из меди) Herapath.

[350] 267. Окись железа. $fe^2O = Fe^{\frac{4}{3}}O$. 333 : 5,15 = 64,6.
5,251 Mohs, 5,225 Boullay, 5,24—5,30 Leonhardt, 5,169 (прокален. на лампе осадок)—5,037 (в печи прокал.)—5,191 (прир.) — 5,214—5,230 G. Rose, 4,679—5,135 (прокален.) Playfair and Joule, 5,300 Herapath, 5,012 Kupffer.

268. Полуторная окись железа или магнитный железняк.
$fe^{\frac{3}{2}}\ Fe^{\frac{1}{2}}\ O = Fe^{\frac{3}{2}}O$. 363 : 5,17 = 70,2.
5,400 Boullay, 5,453 Playfair and Joule, 5,200—4,900 Leonhardt, 4,960 Gerold, 5,094 Mohs.

269. Окись хрома. $cr^2O = Cr^{\frac{4}{3}}O$. 320 : 5,21 = 61.
5,21 Wöhler, *4,909 Playfair and Joule.

270. Окись кобальта. $Co^{\frac{4}{3}}\ O = co^2O$. 345 : 5,46 = 63,2.
5,322 Herapath, 5,60 Boullay, 4,814 Playfair and Joule.

271. Полуторная окись кобальта. $co^{\frac{3}{2}}\ Co^{\frac{1}{2}}\ O = Co^{\frac{3}{2}}O$. 452 : 6,07 = 75.
6,073 Rammelsberg.

272. Окись кадмия. Cd^2O. 796 : 8,15 = 97,6.
*6,950 Karsten, 8,1168 Werther (кристал.), 8,183 Herapath.

273. Окись висмута. $Bi^{\frac{2}{3}}O$. 987 : 8,45 = 117.
8,17 Karsten, 8,211 Herapath, 8,45 Royer et Dumas, 8,968 Boullay.

274. Окись серебра. Ag^2O. 1450 : 7,18 = 202.
*8,26 Karsten, 7,250 Boullay, 7,143 Herapath, 7,147 Playfair and Joule.

[351] 275. Глинозем. al^2O. 214 : 3,25 = 54,18.
3,531 (рубин) Brisson, 3,909—3,979 (корунд) Mohs, 3,995—4,023 (корунд) Breithaupt, 3,562 (сафир) Muschenbroeck, 4,154 Filhöl, 4,152 Royer et Dumas, 3,899—3,929—3,974 (корунд) Schaffgotsch, 4,000 (сафир) Schaffgotsch, 3,994—4,007—3,989—4,008 (рубин) Schaffgotsch, 3,88—3,74—3,999 (прокаленный осадок) H. Rose, 4,07 (корунд) Kupffer, 4,022 (кристаллы), 3,992 (сплавл.) Deville, 3,928 (искусственный корунд) Ebelmen.

276. Окись бериллия. $Be^{\frac{4}{3}}O = be^2O$. 158 : 3,02 = 52,3.
3,056—3,021 H. Rose (искусств.), 2,967 Ekeberg (прир.), 3,02—3,06 Ebelmen (искусств.).

277. Перекись бария. Ba^2O^2. 1054 : 4,96 = 212,5.
4,958 Playfair and Joule.

278. Окись бария. Ba^2O. 954 : 5,13 = 186.
4,733 Karsten, 5,456 Filhöl, 4,907 Playfair and Joule.

279. Окись кальция. Ca^2O. 350 : 3,17 = 110.
3,179 Boullay, 3,16 Karsten, 3,180 Filhöl, *3,08 Dumas.

280. Окись стронция. Sr^2O. 646 : 4,27 = 152.
3,932 Karsten, 4,611 Filhöl.

281. Окись магния. Mg^2O. 252 : 3,67 = 68,5.
*3,07 Richter, *3,200 Karsten, 3,644 H. Rose, 3,75 Scacchi (прир.), 3,636 Ebelmen (искусств.).

[352] 282. Окись натрия. Na^2O. 389 : 2,81 = 139.
2,805 Karsten.

283. Окись калия. Ka^2O. 588 : 2,66 = 221.
2,656 Karsten.

284. Шпинель или окись магния и глинозема.
$Mg^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}O$. 224 : 3,50 = 64,0.
3,55 Breithaupt, 3,452 Ebelmen (искусств.). (См. № 268).

285. Хромит. $Fe^{\frac{1}{2}}cr^{\frac{3}{2}}O$. 351 : 4,7 = 74,7.
4,424 Abich (природн.), 4,97 Ebelmen (искусств.).

286. Франклинит. $Zn^{\frac{1}{4}}Mn^{\frac{1}{4}}fe^{\frac{6}{4}}O$. 369 : 5,09 = 60,3.
5,091 Mohs.

287. Окись цинка и железа. $Zn^{\frac{1}{2}}fe^{\frac{2}{3}}O$. 377 : 5,13 = 73,5.
5,132 Ebelmen (искусств.).

288. Ганит или окись цинка и глинозема. $Zn^{\frac{1}{2}}\ al^{\frac{2}{3}}$ O. 288 : 4,40 = = 65,4.
4,58 Ebelmen (искусств.), 4,23 (природн.). Naum. Miner.

289. Окись магния и хрома. $Mg^{\frac{1}{2}}\ cr^{\frac{3}{2}}$ O. 338 : 4,87 = 69,3.
4,87 Ebelmen (искусств.).

290. Окись цинка и хрома. $Zn^{\frac{1}{2}}\ cr^{\frac{3}{2}}$ O. 366 : 5,31 = 69,0.
5,309 Ebelmen (искусств.).

291. Окись марганца и хрома. $Mn^{\frac{1}{2}}\ cr^{\frac{3}{2}}$ O. V = 71,9.
Удельный объем 71,9 по опред. Ebelmen.

[353] 292. Перовскит. $Ca^{\frac{2}{3}}\ ti^{\frac{4}{3}}$, O. 285 : 4,06 = 70,1.
4,017 G. Rose, 4,1 Ebelmen.

293. Водная окись бария. H Ba, O + $4H^2O$. 983 : 1,66 = 592.
1,656 Filhöl.

294. Водная окись стронция. HSr, O + $4H^2O$. 830 : 1,4 = 593.
1,396 Filhöl.

295. Водная окись цинка. HZn, O. 300 : 2,68 = 116.
2,677 Nickles (кристал.) Brook.

296. Едкая известь. H Ca, O. 231 : 2,19 = 105.
2,078 Filhöl, 2,3 Chemie Otto.

297. Едкий барит. H Ba, O. 533 : 4,5 = 118.
4,495 Filhöl.

298. Едкий стронциан. H Sr, O. 379 : 3,62 = 105.
3,625 Filhöl.

299. Едкий натр. H Na, O. 250,7 : 2,07 = 121.
2,130 Filhöl, 2,0 Dalton.

300. Едкое кали. H Ka, O. 350 : 2,07 = 169.
2,1 Dalton, 2,044 Filhöl.

302. Гётит. $fe^{\frac{3}{2}}\ H^{\frac{1}{2}}$ O. 278 : 4,37 = 63,7.
4,37 Iorke (кристаллы).

302. Диаспор. $al^{\frac{3}{2}}\ H^{\frac{1}{2}}$, O. 189 : 3,33 = 56,8.
3,303 Haidinger, 3,358 Breithaupt.

303. Водная окись магния или брусит. H Mg, O. [354] 183 : 2,35 = 78.[1]
2,350 Mohs.

[1] Только для однообразия формул мы изображаем состав, как KH,O, но мы постараемся доказать, что они суть $Mg^2O + H^2O$, $3al^2O + HO$ и т. д.

304. Водная окись олова, $sn^{\frac{4}{3}} H^{\frac{2}{3}}$, O. 598 : 4,93 = 119.
4,933 Berzelius.

305. Водная окись глиния. H al, O. 163 : 2,4 = 68.
2,40 Leonhardt.

306. Серная кислота или окись сульфана и водорода. $H^2 (SO^3)$, O^2. 612,5 : 1,848 = 331.
1,8400 Deleszennes, 1,849 Ure (10°), 1,854 (0°) Marignac, 1,857 (0°) Bineau, 1,842 (15°) Bineau, 1,848 Graham und Gmelin. (Кипит при 326°). Различные степени соединения безводной серной кислоты и воды:

307. a) $2SO^3 + H^2O = (HSO^3) (HSO^3)$, O. 1112,5 : 1,896 = 586.
1,896 Bussy.

308. b) $2SO^3 + 3H^2O = (HSO^3) (HSO^3)$, $O + 2H^2O$. 1337 : 1,844 = = 725.
1,844 Wittstein.

309. c) $SO^3 + 2H^2O = H^2 (SO^3)$, $O^2 + H^2O$. 725 : 1,786 = 406.
1,784 (8°) Wackenroder, 1,78 Graham und Gmelin, 1,7852 Jacquelin (Journ. f. prakt. Chem. LI—461), 1,795 Bineau.

[355] 310. d) $SO^3 + 3H^2O = H^2 (SO^2)$, $O^2 + 2H^2O$. 837,5 : 1,639 = = 511.
1,639 Graham und Gmelin, 1,6704 Jacquelin, 1,607 Bineau.

311. e) $\frac{1}{3} (3SO^3 + 11H^2O) = H^2 (SO^2)$, $O^2 + 2\frac{2}{3} H^2O$. 912 : 1,596 = = 571.
1,594 Deleszènnes, 1,598 Ure, 1,597 Bineau (55% SO^3).

312. f) $SO^3 + 4H^2O = H^2 (SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 950 : 1,568 = 605.
1,5701 Jacquelin, 1,566 Bineau.

313. g) $SO^3 + 5H^2O = H^2 (SO^2)$, $O^2 + 4H^2O$. 1062 : 1,495 = 712.
1,4904 Jacquelin, 1,499 Bineau.

314. h) $SO^3 + 6H^2O = H^2(SO^2)$, $O^2 + 5H^2O$. 1175 : 1,44 = 814,6.
1,4425 Jacquelin.

315. Азотная кислота. H (NO^2), O. 393,7 : 1,52 = 259.
1,522 Ure, 1,521 Graham, *1,54 (20°) Mitscherlich, *1,55 Millon (15°), 1,52 Pelouse (кипит при 86°).

316. a) H (NO^2), $O + \frac{1}{2} H^2O$. V = 304.
1,486 Ure, 1,485 Graham. (Kopp. Physik. Beitr. I, 202).

317. b) H (NO^2), $O + H^2O$. 506,2 : 1,452 = 349.
1,452 Ure.

318. c) H (NO^2), $O + 1\frac{1}{2} H^2O$. V = 397.
1,421 Ure.

[356] 319. d) (H NO^2), O + $2H^2O$. V = 446.
1,390 Ure, 1,38 Mitscherlich.

320. e) H (NO^2), O + 5 H^2O. 956.: 1,27 = 760.
1,261 Ure, 1,2844 Thomson.

321. f) H (NO^2), O + $10H^2O$. V = 1311.
1,159 Ure.

322. g) H (NO^2), O + $20H^2O$. V = 2430.
1,088 Ure.

323. Муравьиная кислота или окись водорода и формиля. H (CHO), O. 287,5 : 1,221 = 235,4.
1,2353 (12°) Liebig, 1,2067 (13,7) Kopp.
a) VK = 259. b) Кипит при 99°.

324. Уксусная кислота или окись водорода и ацетиля (75). H (C^2H^3O), O. 375 : 1,063 = 352,8.
1,0622 (0°) Frankenheim, 1,0620 (17°) Kopp. (1847), 1,0635 (10°) Delffs, 1,063 (16°) Mollerat, 1,0635 (15) Mohr, 1,065 (13) Persoz, 1,0622 (16) Sebille—Auger.
a) VK = 397,5. b) Кипит при 117°, 3 Kopp, 116° Delffs.

325. Пропионовая кислота. H (C^3H^5O), O. 462 : 0,991 = 466.
0,9911 (25°,2) Kopp.
a) VK = 534. b) Кипит при 137° — 141°,6 Kopp.

326. Масляная кислота (76). H (C^4H^7O), O. 549 : 0,972 = 564.
0,9675 (25°) Chevreul, 0,9739 (15°) Kopp, 0,9817 (0°) Pierre, 0,973 (7°) Delffs, 0,963 (15°) Pelouse.
[357] a) VK = 670. b) Кипит при 138°, 156° Delffs.

327. Валериановая кислота (116). H (C^5H^9O), O. 637,5 : 0,937 = 680,3.
0,932 (28°) Chevreul, 0,9378 (19°,6) Kopp, 0,9403 (15°) Personne, 0,941 (14°) Chevreul, 0,937 (16°) Dumas et Stass, 0,935 (15°) Delffs.
a) VK = 816,5. b) Кипит при 175° Kopp.

328. Феноль или феновая кислота. H (C^6H^5), O. 587,5 : 1,06 = 554.
1,065 (18°) Laurent, 1,0597 (32°,9) Kopp.
a) VK = 649. b) Кипит при 188° Kopp, 194° Laurent.

329. Бензойная кислота (77). H (C^7H^5O), O. 762,5 : 1,08 = 705.
1,0838 в жидком состоянии при 121°,4 Kopp.
a) VK = 793. b) Кипит при 253°—249°,2 Kopp. c) Плавится при + 120°,5.

330. Себациновая кислота. H^2 ($C^{10}H^{16}O^2$), O^2. 1262 : 1,132 = 1115.
1,1317 Gerhardt, Chimie organique.

331. Гиппуровая кислота. $C^9H^9NO^3$. 1119 : 1,31 = 854.
1,308 ibid.

332. Водяная щавелевая кислота. H^2 (C^2O^2), O^2 + $2H^2O$. 787 : 1,63 = = 483.
1,622 (1)—1,641 (2) Playfair and Joule.

333. Молочная кислота. H^2 ($C^6H^8O^4$), O^2. 1337 : 1,215 = 1100.
1,215 Gerhardt, Chimie organique.

[358] 334. Глицерин. $C^3H^8O^3$. 575 : 1,280 = 449,2.
1,280 ibid.

335. Аспартиновая кислота. H [$NH^2(C^4H^4O^3)$], O. 831 : 1,66 = 500,
1,6613 ibid.

336. Правая и левая виннокаменные кислоты. $H^2(C^4H^4O^4)$, O^2. 938 : : 1,75 = 536.
1,75 Pasteur.

337. Бензиль-алькооль или окись водорода и толуэниля. H(C^7H^7), O. 675 : 1,05 = 643.
1,0507 Kopp (15°,4), 1,059 Canizzaro.
a) VK = 773. b) Кипит при 213°.

338. Метиль-алькооль (древесный спирт) (71). H (CH^3), O. 200 : 0,804 = = 248,8.
0,8207 (0°) Pierre, 0,8031 (16°,9) Kopp 1847, 0,8052 (9°,5) Delffs, 0,798 (20°) Dumaset Peligot, 0,807 (9°) Deville, 0,7938 (25°) Kopp 1845, 0,7997 (16°,4) Kopp 1855.
a) VK = 264. b) Кипит 66°,3 Pierre, 65°,5 Kopp. 60°,5 Delffs.

339. Алькооль (25). H (C^2H^5), O. 287,5 : 0,799 = 359,8.
0,8151 (0°) Pierre, 0,809 Delffs (5°), 0,7996 (15°) Kopp 1845, 0,7982 (14°) Kopp 1847, 0,7924 (17°,9) Gay Lussac, 0,7925 (18°) Dumas et Boussingault, 0,791 (20°) Meissner, 0,8062 (0°) Muneke, 0,790 (20°) Connel, 0,792 Plücker.
[359] a) VK = 388,3. b) Кипит 78°,3, Pierre, 78,°4 Kopp, 78°,2 Delffs.

340. Тетриль-алькооль. H. (C^4H^9), O. 462 : 0,80 = 578.
0,8032 Wurtz.

341. Амиль-алькооль (сивушное масло) (73). H (C^5H^{11}), O. 550:0,817 = = 673,2.
0,8271 Pierre (0°), 0,8139 (16°,2) Kopp 1847, 0,8155 (15°) Reickher, 0,8184 (15°) Cahours, 0,818 (14°) Delffs, 0,8137 (15°) Kopp 1845, 0,8113 (18,7) Kopp 1855.
a) VK = 775. b) Кипит при 131°,8 Pierre, 131°,1 Kopp.

342. Гексиль-алькооль (117). H (C^6H^{13}), O. 637,5:0,833 = 765.
0,833 Gerhardt. Chimie org.

343. Октиль-алькооль (74). H (C^8H^{17}), O. 812,5 : 0,823 = 986.
0,823 ibid.

344. Уксуснокислый эфиль (43). (C^2H^5) (C^2H^3O), O. 550 : 0,900 = = 611,1.
0,9065 (0°) Pierre, 0,8927 Kopp, 0,9051 Frankenheim, 0,906 Marsson, 0,8992 Delffs, 0,89 Liebig.
a) VK = 672. b) Кипит при 74°,1 Pierre, 74°,3 Kopp.

345. Маслянокислый эфиль (42). (C^2H^5) (C^4H^7O), O. 725 : 0,896 = 809.
0,9019 Pierre, 0,8909 Kopp.
[360] a) VK = 933. b) Кипит при 119°.

346. Муравьинокислый эфиль (38). (C^2H^5) (CHO), O. 462,5 : 0,924 = = 500.
0,9357 Pierre, 0,9255 Kopp 1847, 0,9188 Kopp 1845, 0,9157 Gehlen.
a) VK = 534. b) Кипит при 52°,9 Pierre, 55° Kopp.

347. Пропионовокислый эфиль. (C^2H^5) (C^3H^5O), O. 637,5 : 0,895 = = 712.
0,8949 Kopp (26°,3).
a) VK = 787. b) Кипит при 93°.

348. Валериановокислый эфиль (44). (C^2H^5) (C^5H^9O), O. 812,5 : 0,875 = = 928.
0,870 Delffs, 0,8659 Kopp, 0,869 Berthelot, 0,894 Gerhardt, Chimie.
a) VK = 1085. b) Кипит при 131°.

349. Сернистокислый эфиль. $2(C^2H^5)$ (SO), O^2. 862,5 : 1,096 = 788.
1,085 Gerhardt Chimie, 1,1063 Pierre.
a) VK = 832. b) Кипит при 160°.

350. Сернокислый эфиль. $2(C^2H^5)$ (SO^2), O^2. 962,5 : 1,12 = 859.
1,120 Gerhardt, Chim. org.

351. Азотистокислый эфиль. (C^2H^5) (NO), O. 368,7 : 0,947 = 378.
0,947 ibid. (Кипит 21°).

352 Азотнокислый эфиль (C^2H^5) (NO^2), O. 568,7 : 1,112 = 511.
[361] 1,112 ibid. (Кипит при 75°).

353. Борнокислый эфиль (36). $(C^2H^5)^3$ (O^3B). 912 : 0,88 = 1036.
0,8849 Ebelmen. (Кипит при 119°).

354. Пирофосфорнокислый эфиль. $(C^2H^5)^4$ $(PO)^2$, O^5. 1885 : 1,172 = = 1609.
1,172 Clermont.

355. Фосфористокислый эфиль. $(C^2H^5)^6$ P^2, O^6. 2078 : 1,07 = 1941.
1,075 Williamson.

356. Синеродистокислый эфиль. (C^2H^5) (CN), O. 444 : 0,90 = 493.
0,8981 Wurtz.

357. Кремнекислый эфиль (35). $(C^2H^5)^4$ Si^2, O^4. 1309 : 0,933 = 1403
0,933 Ebelmen.

358. Кремнекислый эфиль $(C^2H^5)^2$ Si^2, O^3. 846,5 : 1,079 = 784,5.
1,079 Ebelmen.

359. Гиппуровокислый эфиль. (C^2H^5) $C^9H^8NO^3$. 1293 : 1,04 = 1243.
1,043 (23°) Gerhardt, Chimie.

360. Бензойнокислый эфиль (40). (C^2H^5) (C^7H^5O), O. 937,5 : 1,055 = 887.
1,06 Deville, 1,0556 Kopp (10°,5), 1,0539 Dumas, 1,049 Delffs.
a) VK = 1087. b) Кипит при 209°, 212° Kopp.

[362] 361. Углекислый эфиль (37). (C^2H^5) (CO), O^2. 737,5 : 0,976 = = 756.
0,9780 (20°) Kopp, 0,975 Ettling.
a) VK = 869. b) Кипит 125° Kopp.

362. Щавелевокислый эфиль (39). (C^2H^5) (C^2O^2), O^2. 912,5 : 1,087 = = 839.
1,0929 (7°,5) Dumas, 1,0815 (18°,2) Kopp, 1,086 (12°) Delffs.
a) VK = 1048. b) 186° Kopp. 184° Dumas.

363. Янтарнокислый эфиль (41). $2(C^2H^5)$ $(C^4H^4O^2)$, O^2. 1087,6 : 1,04 = = 1045.
1,0475 (25°,5) Kopp, 1,036 Gerhardt, Chimie.
a) VK = 1306. b) Кипит при 217°,3 Kopp.

364. Муравьинокислый метиль (CH^3) (CHO), O. 375 : 0,977 = 384.
0,9771 (15°,6) Kopp.
a) VK = 397. b) Кипит при 36°.

365. Уксуснокислый метиль. (CH^3) (C^2H^3O), O. 462,5 : 0,908 = 509,3.
0,8668 Pierre, 0,9374 Kopp 1847, 0,919 Dumas, 0,9085 Kopp 1845.
a) VK = 530. b) Кипит при 59°,5 Pierre, 55° Kopp.

366. Маслянокислый метиль. (CH^3) (C^4H^7O), O. 637,5 : 0,936 = 681.
1,0253 Pierre (0°), 0,9045 (15°,5) Kopp 1847, 0,8793 (30°,3) Kopp 1855.
[363] a) VK = 790,6. b) Кипит при 102°,1 Pierre, 97°,9 Kopp.

367. Валериановокислый метиль (CH^3) (C^5H^9O), O. 725 : 0,884 = = 818.
0,8868 (15°) Kopp 1847, 0,8806 (16°) Kopp 1845.
a) VK = 932. b) Кипит при 112°.

368. Щавелевокислый метиль. $2(CH^3)$ (C^2O^2), O^2. 737 : 1,16 = 636.
1,1566 (50°) Kopp.
a) VK = 727. b) Кипит при 162°.

369. Щавелевокислый эфило-метиль. (CH^3) (C^2H^5) (C^2O^2),O^2.
825 : 1,13 = 730.
1,127 Gerhardt, Chimie organ. (кип. при 165°).

370. Бензойнокислый метиль. (CH^3) (C^7H^5O), O. 850 : 1,09 = 780.
1,10 Dumas, 1,0876 Kopp (16°,3).
a) VK = 934. b) Кипит при 198°.

371. Фенокислый метиль (Anisöl). (CH^3) (C^6H^5), O. 675 : 0,991 = 681.
0,991 (15°C) Gerhardt, Chimie organ.

372. Салициловокислый метиль (acide gaulthérique). (CH^3) $(C^7H^5O^2)$, O. 950 : 1,18 = 805.
1,18 Gerhardt, Chimie (10°), 1,1819 (16°) Kopp.
a) VK = 979. b) Кипит при 222°.

373. Бензойнокислый амиль (C^5H^{11}) (C^7H^5O), O. 1100 : 0,992 = 1108.
0,9925 (14°,4) Kopp.
a) VK = 1548. b) Кипит при 261° Kopp.

[364] 374. Азотистокислый амиль (118). (C^5H^{11}) (NO), O. 718,8 : 0,877 = = 819.
0,877 Gerhardt, Chimie organ.

375. Азотнокислый амиль. (C^5H^{11}) (NO^2), O. 831 : 0,994 = 836.
0,994 Gerhardt, Chimie org.

376. Кислый фосфористокислый амиль. H (C^5H^{11})^2 P, O^3. 1395 : 0,967 = = 1442.
0,967 ibid.

377. Муравьинокислый амиль. (C^5H^{11}) (CHO), O, 725 : 0,879 = 825.
0,884 (15°) Delffs, 0,8743 (21°) Kopp.
a) VK = 937. b) Кипит при 112°.

378. Уксуснокислый амиль. (C^5H^{11}) (C^2H^3O), O. 802,5 : 0,863 = 929.
0,8692 (15°) Kopp 1855, 0,8572 Kopp 1845, 0,863 Delffs (10°).
a) VK = 1090. b) Кипит при 137° Kopp.

379. Валериановокислый амиль. (C^5H^{11}) (C^5H^9O), O. 1075 : 0,864 = = 1244.
0,8645 (17°,7) Kopp.
a) VK = 1526. b) Кипит при 188° Kopp.

380. Борнокислый амиль (119). (C^5H^{11})^{3}B, O^3. 1700 : 0,870 = 1954.
0,870 Ebelmen.

381. Кремнекислый амиль (120). (C^5H^{11})^4 Si^2, O^4. 2359,2 : 0,868 = = 2718.
0,868 Ebelmen.

[365] 382. Уксуснокислый бутиль или тетриль. (C^4H^9) (C^2H^3O), O. 725 : 0,885 = 819.
0,8845 Wurtz (16).
a) VK = 933. b) Кипит при 112°.

383. Водное щавелевокислое кали. K^2 (C^2O^2), O^2 + H^2O. 1150 : 2,11 = = 545.
2,104 (1)—2,127 (2) Playfair and Joule.

384. Водный щавелевокислый аммоний. ($2NH^4$) (C^2O^2), O^2 + H^2O. 887 : 1,48 = 599.
1,461 (1)—1,500 (2) Playfair and Joule.

385. Водное кислое щавелевокислое кали. K^2(C^2O^2), O^2+C^2O^3+3H^2O. 1825 : 2,00 = 912.
1,965 (1)—2,044 (2) Playfair and Joule.

386. Водный кислый щавелевокислый аммоний. ($2NH^4$) (C^2O^3), O^2 + + C^2O^3 + 3H^2O. 1362 : 1,58 = 862.
1,563 (1)—1,613 (2) Playfair and Joule.

387. Водные щавелевокислые медь и кали. (CuK) (C^2O^2), $O^2 + 2H^2O$. 1217 : 2,29 = 531.
2,288 (1) Playfair and Joule.

388. Водные щавелевокислые медь и аммоний. (C^2O^2) ($CuNH^4$), $O^2 + 2H^2O$. 1085 : 1,92 = 565.
1,923 (1) Playfair and Joule.

389. K^2 (C^2O^2), $O^2 + 3C^2O^3 + 7H^2O$. 3175 : 1,83 = 1735.
1,817 (1)—1,849 (2) Playfair and Joule.

390. 2 (NH^4) (C^2O^2), $O^2 + 3C^2O^3 + 7H^2O$. 2912 : 1,62 = 1798.
[366] 1,589 (1)—1,652 (2) Playfair and Joule.

391. Углекислая магнезия. Mg^2 (CO), O^2. 527 : 2,95 = 178,9.
2,808 Breithaupt, 3,001—3,112 Mohs, 2,88—2,97 Naumann.

392. Горький шпат. (MgCa) (CO), O^2. 576 : 28,8 = 200,0.
2,884 Mohs.

393. Углекислая магнезия и железо или мезитиншпат. (MgFe) (CO), O^2. 626 : 3,36 = 186,3.
3,35—3,63 Mohs.

394. Известковый шпат. Ca^2(CO), O^2. 625 : 2,725 = 229,3.
2,718 Brisson, 2,725 Beudant, 2,721 Mohs, 2,753 Baumgartner, 2,750 Naumann, 2,715 Karsten, 2,696 Kupffer.

395. Аррагонит. Ca^2 (CO), O^2. 625 : 2,96 = 211,15.
2,931 Mohs, 2,946 Beudant, 2,995 Breithaupt.

396. Углекислая закись железа.[1] Fe^2(CO), O^2. 725 : 3,86 = 187,8.
[367] 3,829 Mohs, 3,872 Neuman, 3,87 Naumann.

397. Юнкерит. Fe^2 (CO), O^2. 725 : 3,81 = 190,3.
3,815 Mohs.

398. Марганцовый шпат. Mn^2(CO), O^2. 719 : 3,57 = 201,4.
3,550—3,592 Mohs.

399. Цинковый шпат. Zn^2 (CO), O^2. 783 : 4,45 = 175,9.
4,442 Mohs, 4,45 Naumann.

400. Углекислый барит. Ba^2 (CO), O^2. 1229 : 4,35 = 259,5.
4,302 Karsten, 4,301 Mohs, 4,338 Kirwan, 4,24 Breithaupt, 4,565 Filhöl.

401. Стронцианит. Sr^2 (CO), O^2. 921 : 3,62 = 254,4.
3,605 Mohs, 3,625 Karsten.

---

[1] Номенклатура дуалистическая не должна уже существовать при теории Жерара, потому мы не говорим углекислая окись серебра, а просто углекислое серебро. Но в тех случаях, где есть две степени окисления, для солей легких металлов и иногда для лучшего понимания названия употребляли мы дуалистическую номенклатуру, сознавая всю ее неправильность. Недостаток хорошей номенклатуры, особенно на русском языке, заставлял нас употреблять иногда и минералогические и технические названия.

402. Белая свинцовая руда. Pb^2 (CO), O^2. 1669 : 6,45 = 258,7.
6,465 Breithaupt, 6,428 Karsten.

403. Углекислое серебро. Ag^2 (CO), O. 1725 : 6,04 = 285,6.
6,08 Karsten, 6,0 Kremers.

404. Углекислый кадмий. Cd^2 (CO), O^2. 1071 : 4,46 = 240,1.
4,420 Herapath, 4,49 Karsten.

405. Углекислое кали. K^2 (CO), O^2. 863 : 2,26 = 381,8.
2,264 Gmelin, 2,26 Karsten, 2,267 Filhöl, *2,103 Playfair and Joule.

[368] 406. Кислое углекислое кали. (KH) (CO), O^2. 625 : 2,05 = 304,9.
2,052 Playfair and Joule.

407. Углекислый натр. Na^2(CO), O^2. 664 : 2,46 = 269,9.
2,4659 Karsten, 2,509 Filhöl, 2,427 Playfair and Joule.

408. Кислый углекислый натр. (NaH) (CO), O^2. 526 : 2,19 = 240,1.
2,192 Playfair and Joule.

409. *Водная углекислая известь.* Ca^2(CO), $O^2 + 5H^2O$. 1188 : 1,75 = = 679.
1,75 Mitscherlich.

410. Кислый углекислый аммоний (NH^4H) (CO), O^2. 494 : 1,59 = 311.
1,586 Playfair and Joule.

411. Восьмиводный углекислый натр. Na^2(CO), $O^2 + 8H^2O$.
1564 : 1,51 = 1035.
1,51 Clarke, 1,51 Thomson.

412. Водный углекислый натр. Na^2(CO), $O^2 + 10H^2O$. 1789 : 1,44 = = 1242.
1,454 Playfair and Joule, 1,423 Haidinger.

413. Гидромагнезит. 3 [Mg^2(CO), O^2] + Mg^2O + $4H^2O$. 2283 : 2,16 = = 1057.
2,16 Smith.

414. Сузаннит. $Pb^2(SO^2)$, O^2 + $3Pb^2$(CO), O^2. 6904 : 6,54 = 1056.
[369] 6,550 Gadolin, 6,526 Кокшаров (Материалы для Минер. России 1—91).

415. Сернокислое кали. K^2 (SO^2), O^2. 1088 : 2,64 = 412,1.
2,623 Karsten, 2,636 Wattson, 2,662 Kopp, 2,625 Filhöl, 2,640 Playfair and Joule, 2,644 Penny, *2,657 (порошок) Penny.

416. Кислое сернокислое кали. (KH) (SO^2), O^2. 850 : 2,37 = 358,6.
2,163 (Graham-Otto, Lehrbuch), 2,475 (?) Playfair and Joule, 2,478 (?) Playfair and Joule (2).

417. Безводн. кислое сернок. кали. K^2 (SO^2), O^2 + SO^3 или окись калисульфиля. (См. № 180). (SO^3K) (SO^3K), O. 1588 : 2,28 = 696,5.
2,277 Graham-Otto, Lehrbuch.

418. Сернокислый натр. $Na^2(SO^2)$, O^2. 889 : 2,63 = 337.
2,631 Karsten, 2,642 Mitscherlich, 2,629 Filhöl, 2,658—2,684 Kremers, 2,597 Playfair and Joule.

419. Кислый сернокислый натр. $(NaH)(SO^2)$, O^2. 751 : 2,74 = 274.
2,742[1] Playfair and Joule.

420. Водный сернокислый натр. $Na^2(SO^2)$, $O^2 + 10H^2O$. 2014 : 1,47 = = 1370.
1,45 Kopp, 1,48 Mohs, *1,520 Filhöl, 1,469 Playfair and Joule.

[370] 421. Сернокислое серебро. $Ag^2(SO^2)$, O^2. 1950 : 5,36 = 363.
5,341 Karsten, 5,410 Filhöl, 5,322 Playfair and Joule.

422. Сернокислый барит. $Ba^2(SO^2)$, O^2. 1454 : 4,45 = 325,6.
*4,200 Karsten, 4,446 Mohs. 4,42 Breithaupt, 4,48 G. Rose, *4,179 Monross (искусств. крист.), *4,53 G. Rose (осадок).

423. Сернокислый стронций. $Sr^2(SO^2)$, O^2, 1146 : 3,81 = 300,9.
3,588 Karsten, 3,953 Breithaupt, 3,770 Filhöl, 3,927 Monross (искусств. крист.).

424. Сернокислый свинец. $Pb^2(SO^2)$, O^2. 1894 : 6,28 = 301,6.
6,169 Karsten, 6,298 Mohs, 6,300 Filhöl.

425. Сернокислая медь. $Cu^2(SO^2)$, O^2. 996 : 3,56 = 280.
3,53 Karsten, 3,530 Filhöl, 3,631 Playfair and Joule.

426. Медный купорос. $Cu^2(SO^2)$, $O^2 + 5H^2O$. 1559 : 2,25 = 692,9.
2,286 Filhöl, 2,213 Mohs, 2,2 Gmelin, 2,274 Kopp, 2,254 (1)—2,270 (2) Playfair and Joule, 2,23 Hofmann.

427. Сернокислый купраммоний. $(NH^3Cu)^2(SO^2)$, O^2. 1204 : 2,48 = = 485.
2,476 Playfair and Joule.

[371] 428. Водный сернок. купраммоний. $(NH^3Cu)^2(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1541 : 1,95 = 790.
1,950 Playfair and Joule.

429. Сернокислый цинк-аммоний. $(NH^3Zn)^2(SO^2)$, 1216 : 2,48 = = 490.
2,479 Playfair and Joule.

430. Сернокислый цинк. $Zn^2(SO^2)$, O^2. 1008 : 3,49 = 289.
3,409 Karsten, 3,400 Filhöl, 3,681 Playfair and Joule.

431. Цинковый купорос. $Zn^2(SO^2)$, $O^2 + 7H^2O$. 1798 : 1,98 = 906.
2,036 Mohs, 2,036 Filhöl, 1,912 Hassenfratz, 1,931 Playfair and Joule.

432. Сернокислая известь. $Ca^2(SO^2)$, O^2. 850 : 2,95 = 288.
2,96 Naumann, 2,93 Karsten, *3,102 Filhöl, 2,969 Monross (искусств. крист.).

[1] Эта величина весьма невероятна, потому что больше величины для средней соли.

433. Гипс. $Ca^2 (SO^2)$, $O^2 + 2H^2O$. 1075 : 2,32 = 463.
2,332 Beudant, 2,310 Mohs, 2,31 Breithaupt, 2,331 Filhöl, 2,317 Kengott (из 15 опытов).

434. Сернокислая магнезия. $Mg^2 (SO^2)$, O^2. 752 : 2,65 = 283.
2,617 Karsten, 2,628 Filhöl, 2,706 Playfair and Joule.

435. Английская соль. $Mg^2 (SO^2)$, $O^2 + 7H^2O$. 1540 : 1,71 = 900.
[372] 1,660 Hassenfratz, 1,751 Filhöl, 1,751 Mohs, 1,674 Kopp, 1,660 (1)—1,683 (2) Playfair and Joule.

436. Сернокислая закись железа. $Fe^2 (SO^2)$, O^2. 950 : 2,99 = 318.
2,841 Filhöl, 3,138 Playfair and Joule.

437. Железный купорос. $Fe^2 (SO^2)$, $O^2 + 7H^2O$. 1739,5 : 1,86 = 934.
1,904 Filhöl, 1,83 Mohs, 1,840 Hassenfratz, 1,88 Muschenbroeck, 1,857 (1)—1,889 (2) Playfair and Joule.

438. Сернокислая закись кобальта. $Co^2 (SO^2)$, O^2. 968 : 3,53 = 274.
3,531 Playfair and Joule.

439. Сернокислый аммоний. $2 (NH^4) (SO^2)$, O^2. 825 : 1,73 = 477.
1,695 (1)—1,761 (2) Playfair and Joule.

440. Водный сернокислый аммоний. $2(NH^4) (SO^2)$, $O^2 + H^2O$.
938 : 1,76 = 533.
1,761 Playfair and Joule.

441. Кислый сернокислый аммоний. $(HNH^4) (SO^2)$, O^2. 719 : 1,75 = = 410.
1,750 Playfair and Joule.

442. Водная сернокислая закись марганца. $Mn^2 (SO^2)$, $O^2 + 5H^2O$.
1506 : 1,96 = 768.
2,081 Kopp, 1,834 Gmelin.

443. Водная сернокислая закись никкеля. $Ni^2 (SO^2)$, O^2. 964 : 2,04 = + 423.
[373] 2,037 Kopp.

444. Основная водная сернокислая окись меди. $Cu^2 (SO^2)$, $O^2 + 3Cu^2O + H^2O$. 2596 : 3,08 = 843.
3,082 Playfair and Joule.

445. Основная водн. сернокислая соль цинка. $Zn^2 (SO^2)$, $O^2 + 3Zn^2O + + H^2O$. 2644 : 3,12 = 847.
3,122 Playfair and Joule.

446. Сернокислая закись ртути. $Hg^2 (SO^2)$, O^2. 3100 : 7,56 = 596.
7,560 Playfair and Joule.

447. Сернокислая окись ртути. $Hg^2(SO^2)$, O^2. 1850 : 6,47 = 286.
6,466 Playfair and Joule.

448. Основный сернокислый ртутный аммоний. $(NH^2Hg^2)^2 (SO^2)$, $O^2 + + 2Hg^2O$. 6000 : 7,32 = 819.
7,319 Playfair and Joule.

449. Основная сернокислая окись ртути. $Hg^2(SO^2)$, $O^2 + 2Hg^2O$.
4550 : 8,32 = 547.
8,319 Playfair and Joule.

450. Сернокислый глинозем. $al^2(SO^2)$, O^2. 714 : 2,17 = 329.
2,171 Playfair and Joule.

451. Водный сернокислый глинозем. $al^2(SO^2)$, $O^2 + 6H^2O$.
1389 : 1,62 = 827.
1,569 Filhöl, 1,671 Playfair and Joule.

452. Безводные квасцы. $(K^{\frac{1}{2}} al^{\frac{3}{2}})(SO^2)$, O^2. 808 : 2,23 = 362.
2,228 Playfair and Joule.

[374] 453. Безводные аммиачные квасцы. $[(NH^4)^{\frac{1}{2}} al^{\frac{3}{2}}](SO^2)$, O^2.
742 : 2,04 = 364.
2,039 Playfair and Joule.

454. Квасцы. $(K^{\frac{1}{2}} al^{\frac{3}{2}})(SO^2)$, $O^2 + 6H^2O$. 1482 : 1,733 = 855.
1,751 (2)—1,726 (1) Playfair and Joule, 1,731 S. Hunt, 1,724 Kopp.

455. Аммиачные квасцы. $[(NH^4)^{\frac{1}{2}} al^{\frac{3}{2}}](SO^2)$, $O^2 + 6H^2O$. 1417 : 1,626 = = 871.
1,625 Playfair and Joule, 1,626 Kopp.

456. Хромовые квасцы. $(K^{\frac{1}{2}} cr^{\frac{3}{2}})(SO^2)$, $O^2 + 6H^2O$. 1561 : 1,84 = 849.
1,826 (1)—1,856 (2) Playfair and Joule, 1,848 Kopp.

457. Железно-аммиачные квасцы. $[(NH^4)^{\frac{1}{2}} fe^{\frac{3}{2}}](SO^2)$, $O^2 + 6H^2O$.
1506 : 1,72 = 875.
1,718 Playfair and Joule, 1,712 Kopp.

458. $(CuK)(SO^2)$, O^2. 1042 : 2,80 = 372.
2,797 Playfair and Joule.

459. $(NiK)(SO^2)$, O^2. 1026 : 2,90 = 354.
2,897 Playfair and Joule.

460. $(ZnK)(SO^2)$, O^2. 1048 : 2,82 = 372.
2,816 Playfair and Joule.

461. $(MgK)(SO^2)$, O^2 920 : 2,68 = 343.
2,676 Playfair and Joule.

462. $(MnK)(SO^2)$, O^2. 1016 : 3,0 = 338.
3,008 Playfair and Joule.

[375] 463. $(CuNH^4)(SO^2)$, O^2. 910 : 2,20 = 414.
2,197 Playfair and Joule.

464. $(NH^4Zn)(SO^2)$, O^2. 916 : 2,22 = 413.
2,222 Playfair and Joule.

465. $(NH^4Mg)(SO^2)$, O^2. 788 : 1,93 = 408.
1,932 Playfair and Joule.

466. $(CuK)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1379 : 2,18 = 633.
2,137 Kopp, 2,244 (1)—2,164 (2) Playfair and Joule.

467. $(NH^4Mg)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1125 : 1,71 = 658.
1,721 Thomson, 1,696 Gmelin, 1,721 (1)—1,717, (2) Playfair and Joule.

468. $(NH^4Cu)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1247 : 1,85 = 647.
1,757 Kopp, 1,891 (1)—1,894 (2) Kopp.

469. $(NH^4Mn)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1221 : 1,93 = 633.
1,930 Thomson.

470. $(ZnK)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1385 : 2,21 = 627.
2,153 Kopp. 2,245 (1)—2,240 (2) Playfair and Joule.

471. $(NiK)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1363 : 2,16 = 631.
2,123 Kopp, 2,190 Playfair and Joule.

472. $(NiNH^4)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1231 : 1,84 = 668.
1,801 Thomson, 1,873 Kopp.

473. $(MgK)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1257 : 2,06 = 610.
2,076 (1)—2,053 (2) Playfair and Joule.

474. $(KFe)(SO^2)$, $O^2 + 3H^2O$. 1356 : 2,20 = 616.
2,202 Playfair and Joule.

[376] 475. $K^{\frac{3}{2}}Na^{\frac{1}{2}}(SO^2)$, O^2. 1038 : 2,67 = 399.
2,668 (кристаллы), 2,671 (порошок) Penny.

476. Борнокислый натр. $Na^2B^4O^7$. 1261 : 2,37 = 532.
2,367 Filhöl.

477. Бура. $Na^2B^4O^7 + 10H^2O$. 2386 : 1,71 = 1389.
1,692 Filhöl, 1,730 Playfair and Joule.

478. Молибденовокислый свинец. $Pb^2(Mo^2O^2)$, O^2. 2268 : 6,72 = 337.
6,7 Gmelin, 6,698 Leonhardt, 6,760 Mohs.

479. Вольфрамовокислый свинец. $Pb^2(W^2O^2)$, O^2. 2644 : 8,05 = 328.
8,10 Leonhardt, 8,0 Gmelin.

480. Хромовокислый свинец. $Pb^2(Cr^2O^2)$, O^2. 2022 : 5,93 = 341.
5,653 Playfair and Joule, 5,95 Breithaupt, 6,00 Mohs, 6,118 Monross.

481. Хромовокислое серебро. $Ag^2(Cr^2O^2)$, O^2. 2078 : 5,77 = 360.
5,770 Playfair and Joule.

482. Основный хромовокислый свинец. $Pb(Cr^2O^2)$, $O^2 + Pb^2O$.
3416 : 6,26 = 545.
6,266 Playfair and Joule.

483. Хромовокислое кали. K^2 (Cr^2O^3), O^3. 1216 : 2,67 = 455.
2,640 Karsten, 2,705 Kopp, 2,682 (1)—2,717 (2) Playfair and Joule, 2,612 Thomson.

[377] 484. Двухромовокислое кали или окись кали-хромиля (№ 180). (KCr^2O^3) (KCr^2O^3), $O = K^2$ Cr^2O^2). $O^2 + Cr^2O^3$. 1844 : 2,67 = 690.
2,624—2,692 (2) Playfair and Joule, 2,698. Schabus.

485. $2[K^2(Cr^2O^3)]$, $O^2 + Cr^2O^3$. 3060 : 2,05 = 1500.
2,048 (2) Playfair and Joule.

486. $K^2(Cr^2O^2)$, $O^2 + 2Cr^2O^3$. 2472 : 3,13 = 790.
3,613 Bothe, 2,655 Playfair and Joule.

487. Азотнокислый натр. Na NO^3), O. 532 : 2,22 = 239,7.
2,19 Marx, 2,20 Kopp, 2,260 Filhöl, 2,26 Karsten, 2,182 (1)—2,261 (2) Playfair and Joule. (Плавится при 310°,5 Person).

488. Азотнокислое кали. K (NO^2), O. 631 : 2,09 = 301,9.
2,10 Karsten, 2,06 Kopp, 2,070—2,10 (2) Playfair and Joule, 2,109 Grassi. (Плавится при 339° Person).

489. Азотнокислый барит. Ba (NO^2), O. 814 : 3,15 = 258,4.
2,915 Hassenfratz, 3,185 Karsten, 3,200 Filhöl, 3,222—3,246 Kremers, 3,284—3,161 (2) Playfair and Joule.

490. Азотнокислый стронций. Sr (NO^2), O. 660 : 2,86 = 230,8.
3,006 Hassenfratz, 2,704 Playfair and Joule, 2,890 Karsten, 2,857 Filhöl.

491. Азотнокислый свинец. Pb (NO^3), O. 1034 : 4,48 = 230,8.
[378] 4,316—4,472 Playfair and Joule, 4,400 Karsten, 4,769 Breithaupt, 4,34 Kopp, 4,581 Filhöl.

492. Азотнокислое серебро. Ag (NO^2), O. 1062 : 4,35 = 244,1.
4,36 Karsten, 4,336 Playfair and Joule.

493. Азотнокислый аммоний (NH^4) (NO^2), O. 499 : 1,69 = 295.
1,74 Kopp, 1,635 Playfair and Joule.

494. Азотнокислая известь. Ca (NO^2), O. 512 : 2,24 = 228,5.
2,240 Filhöl.

495. Водная азотнокислая известь. Ca (NO^2), $O + 1^1/_2H^2O$. 681 : 2,00 = = 340.
1,78 Filhöl, 2,047 Playfair and Joule, 2,17 Gehlen.

496. Основный азотнокислый свинец. Pb (NO^2), $O + {}^1/_2$ Pb^2O.
1731 : 5,65 = 306.
5,645 Playfair and Joule.

497. Водн. основн. азотнокислый висмут. bi (NO^2), $O + {}^1/_2$ $H^2O + bi^2O$
1874 : 4,55 = 412.
4,551 Playfair and Joule.

498. Основный азотнокислый висмут. bi (NO^2), O + bi^2O. 1817 : 5,26 = = 345.
5,260 Playfair and Joule.

499. Азотнокислый купраммоний. (NH^3Cu) (NO^2), O. 692 : 1,87 = 370.
1,874 Playfair and Joule.

500. Водная основная азотнокислая медь. $Cu(NO^2)$, O + $^1/_2$ H^2O + + Cu^2O. 1137 : 2,76 = 412.
2,765 Playfair and Joule.

[379] 501. Водная основная азотн. окись ртути. $Hg(NO^2)$, O + $^1/_2$ H^2O + + Hg^2O. 2418 : 5,97 = 405.
5,967 Playfair and Joule.

502. Водная основная азотн. окись ртути. $Hg(NO^3)$, O + $^1/_2$ Hg^2O + + H^2O. 1799 : 4,24 = 424.
4,242 Playfair and Joule.

503. Водная азотнокислая закись ртути. hg^2 (NO^2), O + H^2O.
3000 : 4,78 = 627.
4,785 Playfair and Joule.

504. Основный азотнокислый ртутный аммоний. (NH^3Hg) (NO^2), O + + Hg^2O. 2468 : 5,97 = 413.
5,970 Playfair and Joule.

505. Водная азотнокислая магнезия. $Mg(NO^2)$, O + $3H^2O$.
800 : 1,46 = 548.
1,464 Playfair and Joule.

506. Бертолетова соль. $K(ClO^2)$; O. 766 : 2,33 = 329.
2,326 Playfair and Joule.

507. Фосфорнокислый натр. (Na^2H) (PO), O^3 + $12H^2O$. 2241 : 1,52 = = 1474.
1,525 Playfair and Joule, 1,514 Tünnerman.

508. Мышьяковокислый натр. Na^3O^4 As + $12H^2O$. 2654 : 1,80 = 1474.
1,804 Playfair and Joule.

509. Фтор-апатит. $3[Ca^3(PO),O^3]$ + CaF. 3153 : 3,211 = 982.
3,211 G. Rose, 3,212 Кокшаров (P = 142°16′, ∞ P : P = 130°18′. Материалы для Минер. России, Т. I, стр. 298).

[380] 510. Хлор-апатит. $3[Ca^3(PO), O^3]$ + CaCl. 3257 : 3,225 = 1010.
3,225 G. Rose (P = 142°25′, P : ∞ P = 130°6′ Кокшаров, ibid.).

511. Искусственный апатит. $3[Ca^3(PO), O^3]$ + 2CaCl. 3604 : 3,054 = = 1181.
3,054 Monross. (P : ∞ P = 129°7′).

512. Пироморфит. $3[Pb^3(PO),O^3]$ + PbCl. 8477 : 7,02 = 1207.
7,008 Monross (искусственно, P : ∞ P = 130°23′), 7,025 Mineralog.

513. Миметезит. $3[Pb^3AsO^4]$ + PbCl. 1109 : 7,20 = 1543.
7,204 Mineralog.

514. $3[Na^3(PO),O^3] + NaF + 12H^2O$. 4703 : 2,22 = 2119.
2,2165 Briegleb.

515. $3[Na^3AsO^4] + NaF + 12H^2O$. 5525 : 2,85 = 1938.
2,849 Briegleb.

516. Диоптаз. $SiCuH\ O^2 = (CuH)\ Si,\ O^2$. 496 : 3,24 = 153.
3,24 Nauman, Mineralogie. Также № 517.

517. Трифан. $(\overline{al}^5\ \overline{Li}^5)\ (Si^2O),\ O^2$. 592 : 3,18 = 186.

518. Хризолит Mg^2Si,O^2. 444 : 3,27 = 136.
3,27 Ebelmen (искусственно).

519. Пироксен. $(CaMg)\ (Si^2O),O^2$. 685 : 3,21 = 213.
3,161 Ebelmen (искусств.), 3,267 Deville.

520. Виллемит. Zn^2Si,O^2. 700 : 4,18 = 167.
4,18 Levy.

521. Родонит. $Mn^2\ (Si^2O),\ O^2$. 828 : 3,6 = 230.
[381] 3,6 (A. Nordenskiöld. Beskrifning öfver dei Finland Funna Miner. 1855).

522. Волластонит. $Ca^2(Si^2O),\ O^2$. 734 : 2,85 = 257.
ibid.

523. Лабрадор. $al^3Ca\ Si^3O^5$. 1072 : 2,67 = 403.
2,7140 Abich, 2,689 Deville (Journ. f. prakt. Ch. XXXVI), 2,60 Erdmann.

524. Полевой шпат. $al^3K\ Si^6O^8$. [1] 1767 : 2,56 = 690.
2,5756 (Adular) — 2,5552 (Baveno) Abich, 2,561 Deville, 2,55 Erdmann.

525. Берилл. $(be\ al)\ Si,\ O^2$. 378 : 2,695 = 139.
2,695 Кокшаров (Материалы Минерал. России, I—222. Из 10 опред.).

526. Фенакит. $be^2Si,\ O^2$. 350 : 3,0 = 117.
3,00 Mineralogie Naum.

527. Циркон. $zr^2\ Si,\ O^2$. 572 : 4,4 = 130.
4,2 Berlin, 4,595 Wertherill, 4,0—4,7 (A. Nordenskiöld).

528. Везувиан.[2] $Ca^6al^4Si^5,\ O^{10}$. 2438 : 3,39 = 719.
3,354—3,400—3,364—3,373—3,395 Кокшаров, 3,410 Magnus, 3,346 Warentrapp, 3,420—3,30—3,37—3,375 Hermann, 3,392 Севергин; [382] 3,349 Nordenskiöld, 3,400 Rammelsberg (из 12 опытов), 3,400 Иванов, 3,395 Евреинов, 3,380 Kenngott. (См. Материалы для Минералогии России).

[1] Для состава мы принимали только главнейшие составные части, а потому нами принятый пай несколько отличается от наблюдаемого.

[2] Rammelsberg (Pogg. Ann. XLIV—22) доказал, что везувиан имеет не одинаковый состав с гранатом, как думали прежде.

529. Топаз. al^6Si^3, $C^6 + 2alF$. 1562 : 3,55 = 440.
3,560 окшаров (из 8 опытов над русскими топазами), 3,521—3,522 Кокшаров (топазы из Бразилии), 3,529—3,515 анилов (топазы из Сренбурга). См. Кокшарова Материалы для Минер. России.

530. Теллуристое серебро. Ag^2Te^2. 2152 : 8,49 = 253.
8,565 8,412 G. Rose.

531. Теллуристый свинец. Pb^2Te^2. 2096 : 8,16 = 256.
8,159 G. Rose.

532. Сернистый кадмий. Cd^2S. 896 : 4,71 = 190.
4,8 Brok, 4,61 Karsten, 4,94 Breithaupt, 4,5 Schöler.

533. Сернистый цинк. Zn^2S. 606 : 4,00 = 152.
4,078 Mohs, 3,923 Karsten.

534. Полусернистая медь. $cu^2S = C\ ^4S$. 992 : 5,77 = 172.
5,98 Karsten, 5,695—5,735 Mohs.

535. Сернистая медь. Cu^2S. 596 : 4,57 = 130.
4,163 Karsten, 5,5—5,8 Beudant (Chalkosin), 3,8 W. alchner.

[383] 536. Реалгар. AsS. 669 : 3,55 = 188.
3,544 Karsten, 3,56 Mohs.

537. Аврипигмент. As^2S^3. 139 : 3,42 = 450.
3,495 Karsten, 3,313 Muschenbroeck, 3,480 Mohs.

538. Киноварь. Hg^2S. 1450 : 8,07 = 180.
8,098 Mohs, 8,00 Muschenbroeck, 8,124 Boullay, *7,331 Playfair and Joule.

539. Сернистое серебро. Ag^2S. 1550 : 7,22 = 214
7,20 Mohs, 7,52—6,85 Karsten.

540. Серебряно-медный блеск. $Ag\,||cu||,\ S = Ag\ Cu^2,\ S$. 1271 : 6,25 = = 203.
6,255 Stromeyer.

541. Светлая красная серебряная руда. $Ag\ As^{\frac{2}{3}}$, S. 1031 : 5,54 = 186,1.
5,562 Breithaupt. 5,524 Mohs.

542. Темная красная серебряная руда. $Ag,\ Sb^{\frac{6}{3}}$, S. 1134 : 5,82 = 194,8.
5,816 Breithaupt, 5,831 Mohs.

543. Сернистый никкель. Ni^2S. 564 : 5,31 = 106.
5,00 Breithaupt, 5,278 Miller, 5,65 Rammelsberg

544. Сернистая платина. Pt^2S. 1434 : 7,5 = 191,
6,2 E. Davy, 8,84 Böttger (?).

545. Сернистое олово. Sn^2S. 927 : 5,06 = 183.
5,267 Boullay, 4,852 Karsten.

546. Двусернистое олово. sn^2S. 563 : 4,50 = 124.
4,600 Karsten, 4,415 Boullay.

547. Сернистая сурьма. $\overline{Sb^2}$ S. 701 : 4,69 = 150.
4,75 Karsten, 4,620 Mohs, 4,850 Muschenbroeck, [384] 4,626 Breithaupt, 4,614 H. Rose.

548. Сернистый висмут. $\overline{Bi^2}$S. 738 : 7,59 = 97.
7,807 Wehrle, 7,591 Herapath, 7,00 Karsten.

549. Сернистый марганец. Mn^2S. 544 : 4,00 = 136.
3,95—4,01 Leonhardt, 4,014 Mohs.

550. Серный колчедан. FeS.[1] 375 : 5,03 = 74,5.
5,08 Breithaupt, *4,90 Karsten, 5,03 Mohs, 5,000—5,028 Kenngott, 5,00 Wöhler.

551. Марказит (Speerkies). FeS. 375 : 4,73 = 79.
4,8 Naum. Mineralog., 4,678 Mohs, 4,74 Wöhler (Lieb. Ann. d. Chemie u. Pharmacie XC—256).

552. Сернистое железо. Fe^2S. 550 : 5,04 = 109.
5,035 Playfair and Joule.

553. Полусернистое железо. Fe^4S. 900 : 5,8 = 155.
5,80 Playfair and Joule.

554. Серное железо. fe^2S. 433 : 4,25 = 102.
4,25 Playfair and Joule.

555. Сернистый никкель. Ni^2S. 928 : 6,05 = 153.
6,05 Playfair and Joule.

556. Сернистый кобальт. CoS. 314 : 4,27 = 90.
4,27 Playfair and Joule.

557. Сернистый свинец. Pb^2S. 1494 : 7,54 = 198.
*7,76 Beudant, *6,924 Playfair and Joule, 7,51 [385] Karsten, 7,50 Leonhardt, *7,220 Muschenbroeck, 7,587 Brisson, 7,54 Rammelsberg, 7,568 Mohs.

558. Сернистый калий. K^2S. 688 : 2,13 = 323.
2,130 Filhöl.

559. Сернистый натрий. Na^2S. 489 : 2,47 = 198.
2,471 Filhöl.

560. Серноалькоол (меркаптан) (27). $H(C^2H^5)$, S. 387, 8 : 0,835 = 464.
0,835 (Gerhardt, Chimie org.).
a) VK = 475. b) Кипит при 36°.

---

[1] Состав двусернистого железа FeS сходен с составом перекиси водорода H^2O^2, и потому состав серного колчедана должно было бы изображать Fe^2S^2, но мы старались все почти тела, содержащие серу, изобразить так, чтобы они содержали один пай серы.

561. Серноамильалкооль. (123) $H(C^5H^{11})$, S. 650 : 0,835 = 778.
0,835 (Gerhardt, Chimie org.), 0,8405 Kopp, 1855.
a) VK = 887. b) Кипит при 120°.

562. Двусернистый метиль. (CH^3) (CH^3), S^2. VK = 473.
a) Кипит при 41° (см. № 215 и 216).

563. Горчичное масло. (C^3H^5) (CN), S. 619 : 1,02 = 607.
1,015 (Gerhardt, Chimie org.).

564. Сернистосинеродистый свинец. Pb(CN), S. 1009 : 3,82 = 265.
3,82 Schabus.

565. $(CH^3)^2$ (CO), S^2. [1] 763 : 1,14 = 670.
[386] 1,143 (Gerhardt, Chimie org.).

566. $(CH^3)^2$ (CS), S^2. 863 : 1,16 = 744.
1,159 (Gerhardt, Chimie org.).

567. $(C^2H^5)^2$ (CS), S^2. 938 : 1,07 = 876.
1,07 (Gerhardt, Chimie org.).

568. Аммиак (47). N, HHH. 106,2 : 0,745 = 142.
0,76—0,731 Faraday (при низкой температуре и высоком давлении).

569. Амильамин. N (C^5H^{11}) HH. 543,7 : 0,75 = 725.
0,7503 (Gerhardt, Chimie org.).

570. Анилин или фенамид. N, (C^6H^5) HH. 581,2 : 1,03 = 564.
1,028 (Gerhardt, Chimie org.).

571. Эфиль-толуидин. N, (C^7H^7) (C^2H^5) H. 844 : 0,94 = 898.
0,9391 Morley und Abel.

572. Диэфиль-толуидин. N, (C^7H^7) (C^2H^5) (C^2H^5). 1019 : 0,92 = 1108.
0,9242 Morley und Abel.

573. Эфильамин. (45) N, (C^2H^5) HH. 281 : 0,696 = 295.
0,696 (Gerhardt, Chimie org.).

574. Эфиль-анилин. N, (C^6H^5) (C^2H^5) H. 756 : 0,95 = 795.
0,954 (Gerhardt, Chimie org.).

575. Диэфильанилин. N, (C^6H^5) (C^2H^5) (C^2H^5). 931 : 0,94 = 990.
[387] 0,939 (Gerhardt, Chimie org.).

576. Стильботриэфиль (46). Sb (C^2H^5) (C^2H^5) (C^2H^5). 1328 : 1,324 = = 1000.
1,3244 (Gerhardt, Chimie org.).

577. Аспарагин. N^2, $(C^4H^4O^2)$ H^2H^2. 825 : 1,52 = 542.
1,519 (Gerhardt, Chimie org.).

---

[1] Если углекислые соли и соответствующие эфиры образованы по типу воды H^2H^2, O^2, то упомянутые теперь соединения образованы по типу сероводорода H^2H^2, S^2, где H^2 заменяются или CO — радикалом углекислоты, или CS — радикалом сернистого углерода.

578. Муциль-амид. N^3, $(C^6H^9O^6)$ H^3H^2. 1300 : 1,59 = 818.
1,589 (Gerhardt, Chimie org.).

579. Эфильацетамид. N, (C^2H^5) (C^2H^3O) H. 544 : 0,94 = 578.
0,942 Wurtz.

580. Эфиль-биацетамид. N, (C^2H^5) (C^2H^3O) (C^2H^3O). 806 : 1,01 = 798.
1,0092 Wurtz.

581. Эфиль-формиамид. N, (C^2H^5) (CHO) H. 457 : 0,97 = 468.
0,967 Wurtz.

582. Клетчатка. $C^6H^{10}O^5$. 1012 : 1,52 = 665.
1,525 (Gerhardt, Chimie org.)

583. Крахмал. $C^6H^{10}O^5$. 1012 : 1,53 = 661.
1,53 (Gerhardt, Chimie org.).

584. Тростниковый сахар. $C^{12}H^{22}O^{11}$. 2137,5 : 1,60 = 1336.
1,593—1,596 Playfair and Joule, 1,600 Sübler et Rentz, 1,6 Frankenheim, 1,606 (Gerhardt, Chim.), 1,5578 Brix.

[388] 585. Терпентин (103). $C^{10}H^{16}$. 850 : 0,88 = 966.
0,8902 Frankenheim, 0,860 (Graham-Otto, Lehrbuch), 0,884 (при 0°) Kopp 1855.
а) Объем при температ. t°, $V = 1 + 0{,}0009003t + 0{,}0000019595t^2 - 0{,}000000004499t^3$ (от —9° до +106°,6) Kopp 1855, $V = 1 + 0{,}0008474t + 0{,}0000012481t^2$ (от 11° до 145°) Frankenheim.

586. Фосфористый палладий. PdP. 528 : 8,25 = 64,0.
8,25 Schrötter (Lieb. Jahresb. 1849—246). Его же до № 595.

587. Фосфористая платина. PtP. 812 : 8,77 = 92,6.

588. Фосфористый никкель. Ni^3P (P, Ni Ni Ni ?). 741 : 5,99 = 124.

589. Фосфористый кобальт. PCo^3. 747 : 5,62 = 133.

590. Фосфористая медь. Cu^6P. 1383 : 6,75 = 205.

591. Фосфористый марганец. Mn^6P. 1227 : 4,94 = 248.

592. Фосфористый цинк. Zn^3P. 807 : 4,76 = 169.

593. Фосфористое олово. Sn^2P. 922 : 656 = 140.

594. Фосфористое серебро. $Ag^{\frac{2}{3}}P$. 645 : 4,03 = 139.

595. Фосфористое золото. $Au^{\frac{2}{3}}P$. 1014 : 6,67 = 152.

596. Станн-эфиль. $Sn^2(C^2H^5)^2$. 1089 : 1,56 = 698.
1,558 (Gerhardt, Chimie org.).

597. PCl^5 SO^3 (пятихлористый фосфор и сернистая кислота).
1705 : 1,67 = 1021.
1,667 Kremer.

ПОЛОЖЕНИЯ,

избранные для защищения на степень магистра химии

Д. Менделеевым

9 сентября 1856 г.

Санктпетербург
В типографии департамента внешней торговли
1856

Печать позволяется по одобрению Физико-Математического факультета при С.-Петербургском Университете, с тем, чтоб по отпечатании представлено было положенное число экземпляров для рассылки и раздачи по существующим правилам. Августа 27 дня 1856 года.

За Декана Ординарный Профессор А. Савич.

ПОЛОЖЕНИЯ

1) Удельный объем $V = \frac{П}{\Delta}$ (где П есть вес пая, эквивалента или частицы и Δ удельный вес) означает или отношение объемов соединяющихся тел (когда П есть пай), или объем химически-замещающих тел когда П есть эквивалент), или объем химической частицы.

2) Наименования: «объем пая», «эквивалентный объем» (Шрёдер) и «частичный объем» (Берцелиус и Шрёдер) не всегда могут заменять «удельный объем» (Копп). Название «объем атома» не должно быть употребляемо как потому, что химические сведения не приводят к познанию неделимого атома, так и потому, что между телесными атомами мы должны предполагать пустоту и эфирные атомы.

3) Искусственная дуалистическая система должна быть заменена унитарною, не предполагающею для всех тел одинакового строения.

4) Электрохимическая теория, составленная для изъяснения отделения теплоты и света при химических действиях, очень неудовлетворительна, тем более, что названные явления гораздо яснее понимаются из того, что при химическом действии происходит движение телесных атомов, а тем и эфирные приводятся в колебание.

5) По недостатку точных сведений об изменении объемов, в изучении удельных объемов должно различать два отдела: уд. об. газообразных и уд. об. твердых и жидких тел.

6) Жерар дал наилучший способ определения химической частицы. Она в парообразном состоянии занимает два объема, если сто частей кислорода занимают один объем. Частица кислорода есть O^2, серы S^6, водорода H^2, [1] мышьяка As^4, фосфора P^4, спирта $\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O$, эфира $\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix}\right\} O$, уксусной кислоты $\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix}\right\} O$, окиси ацетиля или безводной уксусной кислоты $\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix}\right\} O$ и т. д.

7) Сера в свободном состоянии S^6 полимерна той сере S^2, которая заменяет кислород O^2, что видно не только из удельного объема паров, но и при сравнении свойств серы, кислорода и их соединений. Также

---

[1] Паи Жерара, употребляемые и нами, суть: O = 100; S = 200; N = 87,5; C = 75; H = 6,25; P = 195; Si = 92; K = 244; Al = 85,6; al = 57,1; Fe = 175; fe = 117; As = 469; Sb = 389 и т. д., т. е. большая часть тел имеют пай в половину меньший против того, какой принимал Берцелиус.

фосфор P^4 и мышьяк As^4 полимерны тем As^2 и P^2, которые заменяют азот N^2.

8) Так как объем частицы газа или пара относится к объему пая кислорода почти как 2 относится к 1-це $\left(\frac{П}{\Delta} : \frac{100}{1{,}10564} = 2:1\right)$, то для всех газообразных тел, вне температур разложения и при известном расстоянии от точки кипения, почти справедливо уравнение: $\frac{П}{\Delta} = 180$. Это дает легчайший способ по удельному весу газа узнавать вес частицы (П) и обратно.

9) Персо, Шрöдер, Лöвиг, Плейфр и Джуль, Бодримон и Эймбродт напрасно искали простоты в отношениях удельных объемов твердых и жидких тел.

10) Сравнение удельных объемов твердых и жидких тел при температурах плавления или кипения (Персо, Шрöдер и Копп) бесполезно и не основано на требованиях опыта.

11) Теории удельных объемов твердых и жидких тел Коппа, Шрöдера и Лöвига не справедливы как потому, что нет возможности определить объем тела в соединении, так и потому, что одинаковая разность в составе определяет весьма различные величины в разности объемов. Каждая из названных теорий, изъясняя несколько фактов, противоречит большей части их.

12) Попытки Шрöдера, Гмелина, Гросганса и Дана согласить удельные объемы твердых и жидких тел с числом паев совершенно безуспешны до сих пор.

13) Магнитные элементы имеют меньший удельный объем, чем диамагнитные, что подтверждает теорию Фелича.

14) Предположение Авогадро о том, что электроположительные тела имеют бóльший удельный объем (или его кратное), чем электроотрицательные, — согласуется с бóльшею частию точно известных фактов.

15) Близость кристаллических форм (изоморфизм и гомеоморфизм) не зависит от близости или кратности удельных объемов, как думали Копп, Дана и Гунт, потому что:

16) a) Тела с близкими формами, но не аналогическим составом (гомеоморфные), не имеют близких или кратных удельных объемов.

17) b) Иногда и изоморфные тела (т. е. близких форм и аналогического состава) не имеют близких удельных объемов, что особенно ясно над простыми телами ромбоэдрической системы (по опред. Густ. Розе): осмий R (угол ромбоэдра) = 84°52′, V = 63,4; иридий R = 84°52′, V = 56,7; мышьяк R = 85°4′, V = 328; теллур R = 86°57′, V=64,7; сурьма R=87°35′, V=115,7 и висмут R=87°40′, V=270,1.

18) c) Многие изоморфные тела имеют близкие удельные объемы только потому, что они сходственны между собою (по составу и свойствам); ибо, и без изоморфизма. *

* [В оригинале — недописанная фраза. *Прим. ред.*].

19) Сходственные тела очень часто имеют близкие удельные объемы; Например a) Ni^2—42,4; Co^2 — 42,7; Cu^2 — 44,7; Fe^2 — 44,6; al^2 — 44,1. b) Mn^2 — 46,4; Cr^2 — 46,8. c) Ag — 128,3; Au^2 — 127,1. d) NaCl — 170; SrCl — 172; BaCl — 175. e) AgJ — 264; hgJ — 265. f) Pb^2SO^4 — 301,6; Sr^2SO^4 — 300,9. g) Cr^2O^3 — 234; V^2O^3 — 234. h) Оловянный камень sn^2O—68, брукит ti^2O — 61; анатаз ti^2O — 65; рутил ti^2O — 59. i) Cd^2S — 190; Pb^2S — 198.

20) Многие сходственные тела имеют удельные объемы (V), постепенно увеличивающиеся с увеличением пая (П). Например: a) Li^2 — V = 136, П = 81; Na^2 — V = 404, П = 289; K^2 — V = 561, П = 488. b) Be^2 — V = 41, П = 87; al^2 — V = 44, П = 114; Mg^2 — V = 88, П = 158; Ca^2 — V = 158, П = 250; Sr^2 — V = 215, П = 546; Ba — V = 231, П = 854. c) Hg^2 — V = 92, П = 1250; Pb^2 — V = 114, П = 1294; Ag^2 — V = 128; П = 1350. d) Sb^2 — V = 115,7, П = 778; Bi^2 — V = 270,1, П = 2660. e) S^6 — V = 581, П = 1200; Se^6 — V = 671, П = 2946. f) MgCl — V = 137, П = 292; CaCl — V = 156, П = 347; NaCl — V = 170, П = 366; KCl — V = 240, П = 466. g) Перекись водорода — V = 146, П = 212; перекись бария — V = 212, П = 1054. h) Na^2O — V = 139, П = 289; K^2O — V = 221, П = 588. i) CaF — V = 76, П = 243; PbCl — V = 150, П = 869; AgCl — V = 165, П = 897; hgCl — V = 209, П = 1472. j) Английская соль — V = 900, П = 1540; железный купорос — V = 934, П = 1739. l) Вода H^2O — V = 112,5, П = 112,5; древесный спирт CH^4O — V = 249, П = 200; алькооль C^2H^6O — V = 359, П = 287; амильалькооль $C^5H^{12}O$ — V = 673, П = 550; гексиль-алькооль $C^6H^{14}O$ — V = 765, П = 637; октиль-алькооль $C^8H^{18}O$ — V = 987, П = 817. m) Муравьинокислый эфль $C^3H^6O^2$ — V = 500, П = 462; уксуснокислый эфль $C^4H^8O^2$ — V = 611, П = 550; пропионовокислый эфль $C^5H^{10}O^2$ — V = 712, П = 637; маслянокислый эфль $C^6H^{12}O^2$ — V = 809, П = 725; валериановокислый эфль $C^7H^{14}O^2$ — V = 928, П = 812.

n) Трифан $al^{\overset{3}{5}}$ $Li^{\overset{2}{5}}$ Si^2O^3 — V = 186, П = 592; пироксен $CaMgSi^2O^3$ — V = 213, П = 685. o) Виллемит Zn^2SiO^2 — V = 167, П = 700; диоптаз $CuHSiO^2$ — V = 153, П = 496; берилл Si al be O^2 — V = 139, П = 378.

21) Эти два закона дают твердую опору естественной классификации. Их указал Дюма в 1821 и 1854 годах.

22) Удельные объемы соединений водорода больше удельных объемов соответствующих соединений магния и меди, но меньше, чем калия и эфиля, и близки к уд. объемам соединений бария и натрия. Например (в типе RCl) CuCl — 137, MgCl — 137, NaCl — 170, BaCl — 175, HCl — 180 (?), KCl — 240, C^2H^5Cl — 450; также (в типе R^2O) Mg^2O — 69, Cu^2O — 80, H^2O — 112,5, Na^2O — 139, Ba^2O — 186, K^2O — 221, $(C^2H^5)^2O$ — 859 и также (в типе R^2SO^4) Cu^2SO^4 — 280, Mg^2SO^4 — 283, Ba^2SO^4 — 326; H^2SO^3 — 331; Na^2SO^4 — 337, K^2SO^4 — 412; $(C^2H^5)^2SO^4$ — 859.

23) Когда вода вступает в двойное разложение с окислом одноосновного радикала R^2O и образует HRO, то при этом удельн. объем изменяется очень мало.

$\frac{1}{2}(K^2O)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$

$\frac{1}{2}(221)+\frac{1}{2}(112{,}5)=167.$ 169

$\frac{1}{2}(Na^2O)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O$

$\frac{1}{2}(139)+\frac{1}{2}(112{,}5)=121.$ 121

$\frac{1}{2}(Ca^2O)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}Ca\\H\end{matrix}\right\}O$

$\frac{1}{2}(111)+\frac{1}{2}(112{,}5)=112.$ 105

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O$

окись ацетиля — уксусная кислота

$\frac{1}{2}(592+\frac{1}{2}(112{,}5)=352{,}5.$ 352,8

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^4H^7O\\C^4H^7O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^4H^7O\\H\end{matrix}\right\}O$

окись бутириля — масляная кислота

$\frac{1}{2}(1009)+\frac{1}{2}(112{,}5)=561.$ 564

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\C^5H^9O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\H\end{matrix}\right\}O$

окись валериля — валериан. кислота

$\frac{1}{2}(1244)+\frac{1}{2}(112{,}5)=678.$ 680

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}(H^2O)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$

эфир или окись эфиля — алькоголь

$\frac{1}{2}(638{,}1)+\frac{1}{2}(112{,}5)=375{,}3.$ 359,8

24) Когда окись двуосновного радикала вступает в соединение (с основною водою), то удельн. объем изменяется гораздо значительнее:

$SO^2\}O$ и H^2O образуют $\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O_2$

$259{,}0 + 112{,}5 = 371.$ 331

25) Такое же значительное изменение удельных объемов происходит и при соединении с кристаллизационной водою:

Mg^2SO^4 и $7H^2O$ образуют $Mg^2SO^4 + 7H^2O$

$283 + 787 = 1070.$ 900

Cu^2SO^4 и $5H^2O$ образуют $Cu^2SO^4 + 5H^2O$

$280 + 562 = 842.$ 692

Ca^2SO^4 и $2H^2O$ образуют $Ca^2SO^4 + 2H^2O$

$288 + 225 = 513.$ 463

26) Это различие величины изменения объемов при замещении и соединении повторяется во многих других случаях и служит к подтверждению теории Жерара.

27) Для *сложных эфиров одноосновных кислот* изменение объемов незначительно:

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O\right)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$

окись ацетиля — окись эфиля — уксуснокисл. эфиль

$\frac{1}{2}(592{,}2) + \frac{1}{2}(638{,}1) = 615.$ 611

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^3O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}O\right)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}O$

ок. ацетиля — ок. амиля (Вурц) — уксуснокисл. амиль

$\frac{1}{2}(592{,}5) + \frac{1}{2}(1235) = 913.$ 929

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\C^5H^9O\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O\right)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^5H^9O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$

ок. валериля — окись эфиля — валериановокисл. эфиль

$\frac{1}{2}(1244) + \frac{1}{2}(638{,}1) = 941.$ 928

28) Эфиры и соли двуосновных кислот не имеют подобного строения по объемам:

$(C^2H^5)^2O$ и $CO\}O$ образуют $\left.\begin{matrix}CO\\(C^2H^5)^2\end{matrix}\right\}O^2$

ок. эфиля или эфир — ок. карбониля или безводн. углекисл. — углек. эфиль

$638 + 324 + 962.$ 756

$(C^2H^5)^2O$ и $SO\}O$ образуют $\left.\begin{matrix}O\\(C^2H^5)^2\end{matrix}\right\}O^2$

$638 + 276 = 914.$ 788

K^2O и $CO\}O$ образуют $\left.\begin{matrix}CO\\K^2\end{matrix}\right\}O^2$

$221 + 324 = 545.$ 382

Ag^2O и $SO^2\}O$ образуют $\left.\begin{matrix}SO^2\\Ag^2\end{matrix}\right\}O^2$

$195 + 259 = 454.$ 363

29) При изоморфном, или ему подобном, замещении уд. объем изменяется очень мало:

$\frac{1}{4}(Zn^2O)$ и $\frac{3}{4}(al^2O)$ образуют гагнит $Zn^{\frac{1}{2}}al^{\frac{1}{2}}O$

$\frac{1}{4}(89{,}3) + \frac{3}{4}(54{,}2) = 63{,}7.$ 65,4

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2O^2\\(C^2H^5)^2\end{matrix}\right\}O^2\right)$ и $\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}C^2O^2\\(CH^3)^2\end{matrix}\right\}O^2\right)$ образуют $\left.\begin{matrix}C^2O^2\\CH^3,\ C^2H^5\end{matrix}\right\}O^2$

$\frac{1}{2}(839) + \frac{1}{2}(636) = 737.$ 730

$\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}Ca^2\\CO\end{matrix}\right\}O\right)$ и $\frac{1}{2}\left(\left.\begin{matrix}Mg^2\\CO\end{matrix}\right\}O^2\right)$ образ. горьк. шпат $\left.\begin{matrix}Ca\cdot Mg\\CO\end{matrix}\right\}O^2$

$\frac{1}{2}(229) + \frac{1}{2}(179) = 204.$ 200

$\frac{1}{2}(Ag^2S)$ и $\frac{1}{2}(Cu^2S)$ образуют серебр.-медн. бл. $\left.\begin{matrix}Cu\\Ag\end{matrix}\right\}S$

$\frac{1}{2}(214) + \frac{1}{2}(172) = 193.$ 203

30) То же замечается и при образовании сплавов:

$\frac{1}{2}(Zn^2)$ и $\frac{1}{2}(Sn^2)$ образуют ZnSn

$\frac{1}{2}(55{,}0) + \frac{1}{2}(99{,}6) = 77{,}3.$ 79,1

$\frac{1}{2}(Pb^2)$ и $\frac{1}{2}(Sn^2)$ образуют PbSn

$\frac{1}{2}(114{,}2) + \frac{1}{2}(99{,}6) = 106{,}9.$ 107,3

$\frac{1}{3}(Pb^2)$ и $\frac{2}{3}(Sn^2)$ образуют $Sn^{\frac{4}{3}}Pb^{\frac{2}{3}}$

$\frac{1}{3}(114{,}2) + \frac{2}{3}(99{,}6) = 104{,}3.$ 104,5

31) Так как частица серы есть $\left.\begin{matrix}S^3\\S^3\end{matrix}\right\}$, а мышьяка $\left.\begin{matrix}As^2\\As^2\end{matrix}\right\}$, то аурипигмент есть $\left.\begin{matrix}S^3\\As^2\end{matrix}\right\}$, т. е. при его образовании происходит замещение, а не соединение, что доказывается тем, что удел. об. аурипигмента (450) почти равен полусумме (454) удел. объемов серы и мышьяка (581 + 328). Ни сернистая сурьма, ни сернистый висмут не имеют подобного строения, но их свойства резко отличаются от свойств $\left.\begin{matrix}As^2\\S^3\end{matrix}\right\}$.

32) Лишний пай безводной кислоты в безводных кислых солях двуосновных кислот $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^5\end{matrix}\right\} O^2 + SO^5$, $\left.\begin{matrix}K^2\\Cr^2O^3\end{matrix}\right\} O^2 + Cr^2O^3$ и т. п. нельзя уподобить паю кристаллизационной воды, потому что удельный объем кислой соли почти равен сумме уд. объемов средней соли и безводной кислоты:

$\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2$ и SO^3 образуют $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + SO^3$

$412 + 259 = 671.$ 696

$\left.\begin{matrix}K^2\\Cr^2O^2\end{matrix}\right\} O^2$ и Cr^2O^3 образуют $\left.\begin{matrix}K^2\\Cr^2O^2\end{matrix}\right\} O^2 + Cr^2O^3$

$455 + 234 = 689.$ 690

$\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2$ и SO^3 образуют $\left.\begin{matrix}H^2\\SO^2\end{matrix}\right\} O^2 + SO^3$

$331 + 259 = 590.$ 586

33) Безводные кислые соли двуосновных кислот суть окислы особого одноосновного (тройного) радикала: кали-сульфиля $\left.\begin{matrix}KSO^3\\KSO^3\end{matrix}\right\}O$, кали-хромиля $\left.\begin{matrix}KCr^2O^3\\KCr^2O^3\end{matrix}\right\}O$, водородо-сульфиля $\left.\begin{matrix}HSO^3\\HSO^3\end{matrix}\right\}O$ и т. п.

34) Этот же радикал образует еще: a) одноосновные кислоты — кислое сернокислое кали $\left.\begin{matrix}KH\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$ есть кали-сульфилевая кислота $\left.\begin{matrix}KSO^3\\H\end{matrix}\right\}O$, серновинная кислота $\left(\left.\begin{matrix}C^2H^5H\\O^2\end{matrix}\right\}O^2\right)=\left.\begin{matrix}C^2H^5SO^3\\H\end{matrix}\right\}O$, сернистовинная $\left.\begin{matrix}C^2H^5SO^2\\H\end{matrix}\right\}O$, сернистофеновая кислота $\left.\begin{matrix}C^6H^5SO^2\\H\end{matrix}\right\}O$; b) хлористые соединения: хлористый кали-хромиль $\left.\begin{matrix}KCr^2O^3\\Cl\end{matrix}\right\}$, хлористый натро-сульфиль $\left.\begin{matrix}NaSO^3\\Cl\end{matrix}\right\}$ [Виллиамсон 1854], хлористый сульф-эфиль $\left.\begin{matrix}C^2H^5SO^2\\Cl\end{matrix}\right\}$ (Жерар) и c) амиды: $N\left\{\begin{matrix}C^6H^5SO^2\\C^7H^5O\\Ag\end{matrix}\right.$, где один пай водорода замещен сульфофенилем (Жерар).

35) Все соединения кремнекислоты суть или $R^2Si\}O^2$ или $(SiO)^n(R^2O)^mR^2Si\}O^2$.

36) Кремнезем $SiO=\left.\begin{matrix}si\\si\end{matrix}\right\}O$ есть окись одноосновного радикала si, близкого к al.

37) Кремнекислые соединения образуются, подобно соединениям одноосновных радикалов (C^2H^3O, C^2H^5, al, K и др.), без большого изменения объемов.

SiO и Zn^2O образуют виллемит $SiZn^2O^2$
$72{,}3+89{,}3=162.$ 167

$2(C^2H^5)^2O$ и $2SiO$ образуют эфир $(C^2H^5)^4Si^2O^4$
$2(638)+2(72{,}3)=1420.$ 1420

$(C^2H^5)^2O$ и $2SiO$ образуют $(C^2H^5)^2Si^2O^3$
$638+2(72{,}3)=783.$ 784

$2(C^5H^{11})^2O$ и $2SiO$ образуют $(C^5H^{11})^4Si^2O^4$
$2(1235)+2(72{,}3)=2615.$ 2718 (?)

Mn^2O и $2SiO$ образуют родонит $Mn^2Si^2O^3$
$2(87{,}5)+2(72{,}3)=232.$ 230

Ca^2O и $2SiO$ образуют волластонит $Ca^2Si^2O^3$
$2(111)+2(72{,}3)=256.$ 257

$\frac{1}{2}(al^2O)$ и $\frac{1}{2}(be^2O)$ и SiO образуют берилл be al SiO^2

$\frac{1}{2}(54{,}2 + 52{,}3) + 72{,}3 = 126.$ 139

38) Кремнекислые соединения не суть соединения сложных радикалов (как $\left.\begin{matrix}K^2\\SO^2\end{matrix}\right\}O^2$, $\left.\begin{matrix}Na\\NO^2\end{matrix}\right\}O$ и т. п.), потому что их простейшая формула есть $(siR)^2O = \left.\begin{matrix}si\\R\end{matrix}\right\}O$. Напр. виллемит $\left.\begin{matrix}si\\Zn\end{matrix}\right\}O$, кремнекислый эфир $\left.\begin{matrix}si\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O$, полевой шпат $al^{\frac{3}{8}}\ \left.\begin{matrix}si\\K^{\frac{1}{8}}si^{\frac{4}{8}}\end{matrix}\right\}O$ и т. д.

39) Но, судя по эфирам, есть много полимерных видоизменений этого типа $(siR)^{2m}\}O^m$. Они подобны полимерным видоизменениям синеродистых солей. Так эфиры суть: $si^4(C^2H^5)^4\}O^4$, $si^4(C^5H^{11})^4\}O^4$, $si^4(C^2H^5)^2\}O^3$. Также можно предполагать, что диоптаз есть $si^2CuH\}O^2$, волластонит $si^4Ca^2\}O^3$, полевой шпат $si^6K^{\frac{1}{2}}al^{\frac{3}{2}}\}O^4$, лабрадор $si^6al^3Ca\}O^5$, турмалин $si^6(Rr)^6\}O^7$,

40) Все три мнения о строении кремнезема (Берцелиуса $SiO^3 = si^6O^3$, Гмелина $SiO^2 = si^4O^2$ и Лорана и Жерара $SiO = si^2O$) в настоящее время равно вероятны.

41) Изучение свойств кремнекислых соединений может привести к определению показателя m в $(siR)^{2m}O^m$ и без знания удельного объема паров, подобно тому как изучение точки кипения приводит к определению n в C^nH^{2n}.

42) В минеральном царстве изобилуют простые помеси окислов по типу $H^2\}O$, где H^2 заменены простыми радикалами si, al, fe, Fe, Ca, Mg, K и др.

43) Так как удельные объемы (V) приводят к познанию расстояния центров частиц ($\sqrt[3]{V}$), то изучение их имеет большое значение для механики частиц.

О СВЯЗИ

некоторых физических свойств тел с их химическими реакциями

Über den Zussammenhang einiger physikalischen Eigenschaften der Körper mit ihren chemischen Reaktionen; von D. Mendelejef. (Lu le 29 janvier 1858)

Bulletin de la Classe Physiko-Mathématique de l'Académie des Sciences de St. Pétersbourg

№ 388, 389, T. XVII. № 4, 5. 1859, стр. 49—68.

[Перевод проф. А. И. Горбова]

О СВЯЗИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕЛ С ИХ ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ

Каждая химическая реакция может быть выражена уравнением

$$A = B,$$

где A сумма весов реагирующих между собою тел, а B сумма продуктов. Я намерен показать, что то же уравнение приблизительно применимо и ко многим физическим свойствам, особенно в ряде тех химических реакций, которые называются замещениями.

С давних пор различают три рода химических реакций: соединение (composition, сложение); замещение—двойное обменное разложение в смысле новых взглядов (substitution) и разложение (decomposition); пока точные разграничения этих реакций недостаточно твердо установлены, и по поводу многих частных случаев мнения химиков расходятся.

В этом серьезном недостатке помогает, однако, закон, найденный в начале нашего столетия Гей-Люссаком и Ампером, но примененный впервые лишь Жераром, по которому:

Рациональная формула любых химических соединений или вес химических молекул заключается приблизительно[1] в равных объемах паров, напр., в четырех объемах эквивалента кислорода, если мы пользуемся эквивалентами Берцелиуса.

Прежде чем перейти к разграничению реакций, мы выведем некоторые следствия из этого закона.

Основываясь на нем, мы находим, что если D есть удельный вес пара, а P—вес рациональной формулы (или молекулы), то для всех тел имеется следующая пропорция:

$$\frac{P}{D} : \frac{100}{1{,}10564} = 4 . 1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I}$$

где $\frac{P}{D}$ объем парообразной молекулы тела и $\frac{100}{1{,}10564}$ (эквивалент, деленный на удельный вес) объем эквивалента кислорода.* Отсюда следует:

$$\frac{P}{D} = 4 \cdot \frac{100}{1{,}10564} = 361{,}78 \ldots **$$

[* Считая вес литра кислорода в 1,429 *г*, а литра воздуха в 1,293 *г*, мы должны теперь уд. в. кислорода принять равным 1,10518. *Прим. ред.*]

[** При уд. в. кислорода 1,10518 это частное равно 361,93. *Прим. ред.*]

$$P = D \cdot 361{,}78 \ldots \quad II$$

$$D = \frac{P}{361{,}78\ldots} \quad III$$

Отсюда следует, что с помощью веса молекулы P или, пользуясь весом рациональной формулы, можно легко вычислить довольно точно уд. в. данного тела [2]; так, например, на основании рациональной формулы ацетона $(C^2H^3)C^4H^3O^2$* мы получаем для уд. в. его пара

$$D = \frac{725}{361{,}78\ldots} = 2{,}0039\ldots **$$

а опыт дает для него — 2,0025. Обратно, зная уд. в. пара, можно по формуле II вычислить P, т. е. вес рациональной формулы. Так, например, уд. в. октилена есть 3,88, вес молекулы его

$$P = 3{,}88 \times 361{,}78\ldots = 1403{,}6,$$

а рациональной формуле октилена $C^{16}H^{16}$ отвечает на самом деле вес 1400,0... Этим же путем мы можем узнать, что рациональная формула серы[3] (в парах) S^{12}, фосфора[4] P^4, мышьяка[5] As^4, хлористого кремния[6] Si^2Cl^4, хлоросерной кислоты[7] $S^2O^4Cl^2$, какодила[8] $As^2(C^2H^3)^4$, эфира $C^6H^{10}O^2$, углекислого газа C^2O^4 и т. д.

Теперь мы можем легко перейти к характеристике трех химических реакций.

Соединением является такая реакция, при которой из данного числа молекул (или рациональных формул) образуется меньшее число их, напр., из двух — одна. Так из Cl^2 и из C^4H^4 образуется масло голландских химиков $C^4H^4Cl^2$.

Замещение такая реакция, при которой из данного числа молекул получается то же число, например, из двух — две; так при действии спирта $C^4H^6O^2$ на уксусную кислоту $C^4H^4O^4$ образуется уксуснокислый этил C^8H^8O и вода H^2O^2.

Наконец, при разложении из данного числа молекул образуется большее число; так, из бензойной кислоты $C^{14}H^6O^4$ получаются: бензол $C^{12}H^6$ и углекислый газ C^2O^4.

Из того, что объем пара молекул (рациональных формул) для всех тел один и тот же, вытекает: 1) что при соединении сумма объемов паров реагирующих тел больше суммы объемов паров образующихся тел; 2) что при замещении обе суммы приблизительно равны и 3) что при разложении сумма объемов паров образующихся тел больше объема исходных.

Следующие реакции являются замещениями, потому что сумма объемов паров реагирующих тел (V. A) приблизительно равна сумме объемов образующихся паров (V. B).

[* Атомные веса приняты: O—100, C—75 и H—12,5, т. е. O = 8, C = 6, а H = 1. Далее: S = 16, P = 31, As = 75, Si = 14, Cl = 35,5, т. е. атомные веса нечетновалентных элементов близки к современным, а четновалентных — половинные. Для металлов даны эквиваленты по кислороду, равному восьми. *Прим. ред.*]

[** Удельные веса считаются по воздуху. *Прим. ред.*]

	Объемы паров V. A.	V. B.
$C^4H^4O^4 + C^4H^6O^2 = C^8H^8O^4 + H^2O^2$	4 + 4	4 + 4
$NC^{13}H^7 + 3Cl^2 = NC^{13}H^4Cl^3 + 3HCl$	4 + 3 × 4	4 + 3 × 4
$HCl + C^4H^6O^4 = C^4H^5Cl + H^2O^2$	4 + 4	4 + 4
$Hg^2Cl + Hg^2Cl = Hg^2 + Hg^2Cl^2$	4 + 4	4 + 4
$C^4H^3O^2Cl + H^2O^2 = HCl + C^4H^4O^4$	4 + 4	4 + 4
$Si^2Cl^4 + 4C^4H^6O^2 = (C^4H^5)^4 Si^2O^8 + 4HCl$	4 + 4 × 4	4 + 4 × 4
$S^4Cl^2 + Cl^2 = S^2Cl^2 + S^2Cl^2$	4 + 4	4 + 4
$C^8H^{10}O^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2 + C^4H^6O^2$	4 + 4	4 + 4
$C^8H^6O^6 + H^2O^2 = C^8H^4O^4 + C^4H^4O^4$	4 + 4	4 + 4
$NC^{12}H^7 + C^4H^5Br = NC^{16}H^{11} + HBr$	4 + 4	4 + 4
$H^2 + Cl^2 = HCl + HCl$	4 + 4	4 + 4

Примерами соединений являются следующие реакции:

	V. A.	V. B.
$C^4H^4 + Cl^2 = C^4H^4Cl^2$	4 + 4	4
$C^6H^5Br + Br^2 = C^6H^5Br^2$	4 + 4	4
$Hg^2 + Cl^2 = Hg^2Cl^2$	4 + 4	4
$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2$	4 + 4	4
$2H^2 + O^4 = 2H^2O^2$	2 × 4 + 4	2 × 4
$3C^4H^4O^2 = C^{12}H^{12}O^6$	3 × 4	4
$2C^4H^4O^2 + O^4 = 2C^8H^4O^4$	2 × 4 + 4	2 × 4

Примеры разложений:

	V. A.	V. B.
$C^{14}H^6O^4 = C^{13}H^6 + C^2O^4$	4	4 + 4
$NC^6H^5O^2 = H^2O^2 + NC^4H^3$	4	4 + 4
$C^4H^4Cl^2 = C^4H^3Cl + HCl$	4	4 + 4
$2C^4H^6O^4 + O^4 = 2C^4H^4O^4 + 2H^2O^2$	2 × 4 + 4	2 × 4 + 2 × 4
$C^8H^{10}O^2 = C^8H^8 + H^2O^2$	4	4 + 4
$C^6H^6J^2 = C^6H^5J + HJ$	4	4 + 4

Все в настоящее время известные химические реакции распределяются в этих трех рубриках. Так, окисление является или соединением (например, окисление водорода или альдегида) или разложением (перевод спирта в альдегид). [10]

Нужно еще заметить, что при замещениях часто из двух тел получается одно (таковы примеры: 7, 8, 9 и 11) или из одного тела — два (пример 4).

Из сравнений объемов паров при различных реакциях следует, что при замещениях уравнение

$$A = B$$

применимо не только для весов реагирующих тел, но приблизительно и для объемов их паров.

Далее усматривается, что при замещениях эта же формула может быть с известной степенью приближения распространена и на удельные объемы в твердом и в жидком состояниях, на удельные теплоемкости и на температуры кипения, что видно из нижеследующих примеров:

Реагирующие и образующиеся тела A и B	Вес химическ. молекул P	Объем пара V
1. Спирт $C^4H^6O^2$	575	4
Уксусная кислота $C^4H^4O^4$ . .	750	4
Сумма A . .	1325	8
Уксуснокислый этил $C^8H^8O^4$.	1100	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма B . .	1325	8
2. Уксусный ангидрид $C^8H^6O^6$.	1275	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма A . .	1500	8
Уксусная кислота $C^4H^4O^4$ . .	750	4
Уксусная кислота $C^4H^4O^4$ . .	750	4
Сумма B . .	1500	8

Опытный уд. вес (средний) при обыкновенной темп. d	Удельный объем при обыкн. темп. $SV^{11} = \frac{P}{d}$	Средняя опытная температура кипения T	Теплоемкость при обыкн. температ. (опытная) k	Удельная теплоемкость при обыкн. температуре SW = P. k
0,800 [12]	719	78°	0,626 [13]	360
1,062 [14]	706	117°	0,508 [15]	381
	1425	195°		741
0,900 [16]	1222	74°	0,479 [17]	527
1,000	225	100°	1,000	225
—	1447	174°		752
1,076 [18]	1185	138°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	1410	238°		—
1,062	706	117°	0,508	381
1,062	706	117°	0,508	381
	1412	234°		762

3. Каломель Hg^2Cl	2945	4
Каломель Hg^2C	2945	4
Сумма A . .	5890	8
Ртуть Hg^2	2500	4
Сулема Hg^2Cl^2	3390	4
Сумма B . .	5890	8
4. Хлористый кремний Si^2Cl^4 . .	2142	4
Спирт 4 ($C^4H^6O^2$)	4(575)	4(4)
Сумма A . .	4442	20
Кремнекислый этил $(C^4H^5)^4Si^2O^6$	2612	4
Хлористый водород 4(HCl) .	4(457,5)	4(4)
Сумма B . .	4442	20
5. Спирт $C^4H^6O^2$.	575,0	4
Азотная кислота HNO^6 . . .	787,5*	4
Сумма A . .	1362,5	8
Азотнокислый этил $C^4H^5NO^6$.	1137,5	4
Вода H^2O^2	225,0	4
Сумма B . .	1362,5	8

* [В оригинале опечатка (787,0). *Прим. ред.*]

7,039[19]	418	—	0,052[20]	153
7,039	418	—	0,052	153
	836	—		306
13,596[21]	184	360°	0,0337[22]	84
5,321[23]	637	—	0,69[24]	234
	821	—		318
1,505[25]	1423	59°	0,19[26]	407
0,800	4(719)	4(78°)	0,626	4(360)
	4299	371°		1847
0,933[27]	2800	167°	—	—
1,27[28]	4(360)	—	—	—
	4240	—		—
0,800	719	78°	0,626	360
1,521[29]	518	86°	0,445[30]	350
	1237	164°		710
1,112[31]	1023	85°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	1248	185°		—

Реагирующие и образующиеся тела A и B	Вес химическ. молекул P	Объем пара V
6. Амиловый спирт $C^{10}H^{12}O^2$ . .	1100	4
Муравьиная кислота $C^2H^2O^4$.	575	4
Сумма A . .	1675	8
Муравьинокисл. амил $C^{12}H^{12}O^4$	1450	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма B . .	1675	8
7. Метиловый спирт $C^2H^4O^2$ . .	400	4
Масляная кислота $C^8H^8O^4$ . .	1100	4
Сумма A . .	1500	8
Маслянокисл. метил $C^{10}H^{10}O^4$.	1275	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма B . .	1500	8

Продолжение

Опытный уд. вес (средний) при обыкновенной темп. d	Удельный объем при обыкн. темп. $SV^{11} = \frac{P}{d}$	Средняя опытная температура кипения T	Теплоемкость при обыкн. температ. (опытная) k	Удельная теплоемкость при обыкн. температуре SW = P. k
0,817 [32]	1346	132°	0,587 [33]	646
1,221 [34]	471	100°	0,604 [35]	347
	1817	232°		993
0,879 [36]	1650	115°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	1875	215°		—
0,804 [37]	497	64°	0,626 [38]	250
0,972 [39]	1132	159°	0,414 [40]	455
	1629	223°		705
0,892 [41]	1429	102°	0,492 [42]	627
1,000	225	100°	1,000	225
	1654	202°		852

Фенол $C^{12}H^6O^2$	1175	4
Метиловый спирт $C^2H^4O^2$ . .	400	4
Сумма А . .	1575	8
Анизол $C^{14}H^8O^2$	1350	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма В . .	1575	8
9. Бензойная кисл. $C^{14}H^6O^4$ . .	1525	4
Амиловый спирт $C^{10}H^{12}O^2$ . .	1100	4
Сумма А . .	2625	8
Бензойнокислый амил $C^{24}H^{16}O^4$	2400	4
Вода H^2O^2	225	4
Сумма В . .	2625	8
10. Полухлористая сера S^4Cl^2 . .	1690	4
Хлор Cl^2	890	4
Сумма А . .	2580	8
Хлористая сера S^2Cl^2	1290	4
Хлористая сера S^2Cl^2	1290	4
Сумма В . .	2580	8

1,062 [43]	1106	192°	—	—
0,804	497	64°	0,626	250
	1603	256°		—
0,991 [44]	1362	152°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	1587	252°		—
1,201 [45]	1270	251°	—	—
0,817	1346	132°	0,587	646
	2616	383°		—
0,9925 [46]	2418	261°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	2643	361°		—
1,686 [47]	1002	139°	0,203 [48]	344
1,36 [49]	655	—	—	—
	1657	—		—
1,620 [50]	796	64°	—	—
1,620	796	64°	—	—
	1592	128°		—

Реагирующие и образующиеся тела A и B	Вес химическ. молекул P	Объем пара V
11. Хлористый ацетил $C^4H^3O^2Cl$.	982,5	4
Вода H^2O^2	225,0	4
Сумма A . .	1207,5	8
Уксусная кислота $C^4H^4O^4$ . .	750,0	4
Хлористый водород HCl . . .	457,5	4
Сумма B . .	1207,5	8
12. Аммиак NH^3	212,5	4
Хлористый этил C^4H^5Cl . . .	807,5	4
Сумма A . .	1020,0	8
Этиламин NC^4H^7	562,5	4
Хлористый водород HCl . . .	457,5	4
Сумма B . .	1020,0	8

Продолжение

Опытный уд. вес (средний) при обыкновенной темп. d	Удельный объем при обыкн. темп. $SV^{11} = \frac{P}{d}$	Средняя опытная температура кипения T	Теплоемкость при обыкн. температ. (опытная) k	Удельная теплоемкость при обыкн. температуре SW = P. k
1,116 [51]	880	55°	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	1105	155°		—
1,062	706	117°	0,508	381
1,27	360	—	—	—
	1066	—		—
0,745 [52]	285	—35°	—	—
0,921 [53]	877	+11°	—	—
	1162	—24°		—
0,6964 [54]	808	+18,7°	—	—
1,27	360	—	—	—
	1168	—		

13. Амиловый эфир $C^{10}H^{22}O^1$ . .	1975	4	0,7994 [55]	2470	178°	0,521 [56]	1029
Вода H^2O^2	225	4	1,000	225	100°	1,000	225
Сумма A . .	2200	8		2695	278°		1254
Амиловый спирт $C^{10}H^{12}O^1$ . .	1100	4	0,817	1346	132°	0,587	646
Амиловый спирт $C^{10}H^{12}O^2$ . .	1100	4	0,817	1346	132°	0,587	646
Сумма B . .	2200	8		2692	264°		1292
14. Бензол $C^{12}H^6$	975	4	0,887 [57]	1099	82°	0,39 [58]	380
Азотная кислота NHO^6 . . .	787,5	4	0,521	518	86°	0,445	350
Сумма A . .	1762,5	8		1617	168°		730
Нитробензол $C^{12}H^5NO^4$ . . .	1537,5	4	1,198 [59]	1283	213°	0,35 [60]	538
Вода H^2O^2	225	4	1,000	225	100°	1,000	225
Сумма B . .	1762,5	8		1508	313°		763

От этих примеров настоящих замещений (когда известны объемы паров всех тел) перейдем к таким веществам, для которых нам неизвестны объемы паров, а известны удельные веса и удельные теплоемкости:

Реагирующие и образующиеся тела A и B	Вес химическ. молекул P	Объем пара V
15.. Сера S^{12}	2400	4
Мышьяк As^4	3752	4
Сумма A . .	6152	8
Аурипигмент As^2S^6	3076	—
Аурипигмент As^2S^6	3076	—
Сумма B . .	6152	—
16. Окись калия K^2O^1	1178	—
Вода H^2C^2	225	4
Сумма A . .	1403	—
Гидрат окиси калия KHO^2 .	701,5	—
Гидрат окиси калия KHO^2 .	701,5	—
Сумма B . .	1403	—

Продолжение

Опытный уд. вес (средний) при обыкновенной темп. d	Удельный объем при обыкн. темп. $SV^{11} = \frac{P}{d}$	Средняя опытная температура кипения T	Теплоемкость при обыкн. температ. (опытная) k	Удельная теплоемкость при обыкн. температуре WV = P. k
2,067 [61]	1161	400°	0,198 [61]	475
5,71 [63]	657	—	0,081 [61]	304
	1818	—		779
3,42 [65]	903	—	0,12 [66]	369
3,42	903	—	0,12	369
	1806	—		738
2,656 [67]	440	—	—	—
1,000	225	100°	1,000	225
	665	—		—
2,072 [68]	339	—	0,358 [69]	251
2,072	339	—	0,358	251
	678	—		502

17. Известь Ca^2O^2	700	—
Вода H^2O^2	225	4
Сумма **A** . .	925	—
Гидрат изв. $CaHO^2$	462,5	—
Гидрат изв. $CaHO^2$	462,5	—
Сумма **B** . .	925,0	—
18. Едкое кали KHO^2	701,5	—
Азотная кисл. NHO^6	787,5	4
Сумма **A** . .	1489	—
Азотнокисл. кали KNO^6 . . .	1264	—
Вода H^2O^2	225	4
Сумма **B** . .	1489	—
19. Гидрат барита $BaHO^2$ . . .	1067,5	—
Азотная кисл. NHO^6	787,5	—
Сумма **A** . .	1855	—
Азотнокисл. барит $BaNO^6$ . .	1630	—
Вода H^2O^2	225	4
Сумма **B** . .	1855	—

3,150 [70]	222	—		—
1,000	225	100°	1,000	225
	447	—		—
2,078 [71]	223	—	0,35 [72]	162
2,078	223	—	0,35	162
	446	—		324
2,072	339	—	0,358	251
1,521	518	86°	0,445	350
	857	—		601
2,09 [73]	605	—	0,25 [74]	316
1,000	225	100°	1,000	225
	830	—		541
4,495 [75]	237	—	—	—
1,521	518	86°	0,445	350
	755	—	—	—
3,17 [76]	514	—	0,14 [77]	228
1,000	225	100°	1,000	225
	739	—		453

Реагирующие и образующиеся тела A и B	Вес химическ. молекул P	Объем пара V
20. Едкое кали 2 $(KHO)^2$	2(701,5)	—
Серная кисл. $H^2S^2O^8$	1225	—
Сумма A . .	2628	—
Сернокисл. кали $K^2S^2O^8$ . . .	2178	—
Вода 2(H^2O^2)	2(225)	2(4)
Сумма B . .	2628	—
21. Хлорист. кали KCl	939	—
Азотнокисл. серебро $AgNO^6$.	2125	—
Сумма A . .	3064*	—
Хлорист. серебро AgCl . . .	1795	—
Азотнокисл. кали KNO^6 . . .	1269	—
Сумма B . .	3064*	—

Продолжение

Опытный уд. вес (средний) при обыкновенной темп. d	Удельный объем при обыкн. темп. $SV^{11} = \frac{P}{d}$	Средняя опытная температура кипения T	Теплоемкость при обыкн. температ. (опытная) k	Удельная теплоемкость при обыкн. температуре SW = P. k
2,072	2(339)	—	0,358	2(251)
1,848[78]	663	—	0,35[79]	394
	1341	—		896
2,641[80]	825	—	0,18[81]	392
1,000	2(225)	2(100°)	1,000	2(225)
	1275	—	—	842
1,958[82]	477	—	0,166[83]	155
4,345[84]	489	—	0,1435[85]	298
	966	—		453
5,407[96]	332	—	0,088[87]	159
2,09	605	—	0,25	316
	937	—	—	475

22. Хлорист. барий 2 ($BaCl$) . .	2(1300)	—	3,753 [88]
Сернокисл. натр $Na^2S^2O^8$ . .	1778	—	2,649 [90]
Сумма A . .	4378	—	
Сернокисл. барит $Ba^2S^2O^8$ . .	2910	—	4,456 [92]
Хлорист. натр 2 ($NaCl$) . . .	2(734)	—	2,168 [94]
Сумма B . .	4378	—	
23. Углекисл. натр $Na^2C^2O^6$ . . .	1328	—	2,467 [96]
Азотнокисл. свинец 2 ($PbNO^6$)	2(2069)	—	4,479 [95]
Сумма A . .	5466	—	
Углекисл. свинец $Pb^2C^2O^6$ . .	3338	—	6,447 [99]
Азотнокисл. натр 2 ($NaNO^6$) .	2(1064)	—	2,242 [101]
Сумма B . .	5466	—	
24. Глицерин $C^6H^8O^6$	1150	—	1,280 [103]
Уксусная кислота 2 ($C^4H^4O^4$) .	2(750)	2(4)	1,062
Сумма A . .	2650	—	
Диацетин $C^{14}H^{12}O^{10}$	2200	—	1,186 [104]
Вода H^2O^2	2(255)	2(4)	1,000
Сумма B . .	2650	—	

* [В оригинале, повидимому, опечатка (3059). *Прим. ред.*]

2(346)	—	0,084 [89]	2(109)
671	—	0,25 [91]	445
1363	—		663
653	—	0,11 [93]	320
2(339)	—	0,23 [95]	2(169)
1331	—		658
538	—	0,273 [97]	362
2(461)	—	—	—
1460	—		—
516	—	0,083 [100]	277
2(474)	—	0,26 [102]	2(276)
1464	—		829
898	275°	—	—
2(706)	2(117°)	0,508	2(381)
2310	509°		—
1855	289°	—	—
2(225)	2(100°)	1,000	2(225)
2305	489°		—

Из предыдущих таблиц и из наблюдений над изменениями физических свойств при многих других реакциях вытекают следующие положения:

1) При всех замещениях [происходят ли они сочетанием [105] (Copulierung) металепсией или двойным разложением] сумма удельных объемов реагирующих веществ (мы обозначаем ее как SV·A) почти равна сумме удельных объемов образующихся веществ (эту сумму мы обозначаем как SV·B). Разность обеих сумм обыкновенно меньше $^1/_{12}$ каждой из них:

$$\pm SV \cdot A \pm SV \cdot B < \frac{SV \cdot A + SV \cdot B}{2 \times 12}$$

2) Поэтому в случае таких замещений, когда нам известны удельные объемы всех участвующих тел за исключением одного, мы можем вычислить его (а, следовательно, и его удельный вес), приняв SV.A = SV.B. Так, если неизвестен удельный объем азотнокислого этила, то мы можем его определить с помощью реакции:

$$C^4H^6O^2 + HNO^6 = C^4H^5NO^6 + H^2O^2,$$

потому что тогда мы имеем для удельных объемов уравнение:

$$719 + 518 = x + 225,$$

откуда x = 1012. На основании последнего числа может быть вычислен и удельный вес: [106]

$$\frac{1137,5}{1012} = 1,12.$$

По наблюдениям M i l l o n'a действительный удельный вес азотнокислого этила — 1,112.

Этот и многие другие примеры показывают, что этим путем могут быть определены удельные веса многих твердых и жидких соединений с тою же степенью приближения, как и удельный вес паров по формуле III. Можно, следовательно, определять этим путем неизвестные удельные веса многих соединений.

Вычислим, например, удельный вес ангидрида азотной кислоты на основании реакции:

$$N^2O^{10} + H^2O^2 = NHO^6 + NHO^6.$$

Для удельных объемов мы имеем уравнение:

$$x + 225 = 518 + 518,$$

откуда x = 811, а уд. в. азотнокислого ангидрида:

$$d = \frac{P}{V} = \frac{1350}{811} = 1,66.$$

Вычислим далее на основании реакции:

$$C^{28}H^{10}O^6 + H^2O^2 = C^{14}H^6O^4 + C^{14}H^6O^4$$

удельный объем бензойного ангидрида:

$$x + 225 = 1270 + 1270,$$

откуда $x = 2315$, а искомый уд. в. бензойного ангидрида $= \frac{2825}{2315} = 1{,}22$. В двух опытах я нашел, что уд. в. жидкого, еще не застывшего бензойного ангидрида был: 1,227 (при 27°) и 1,206 (при 25°,8).

3) Удельные веса твердых и жидких соединений, подобно уд.в. паров, могут служить для проверки анализов и рациональных формул.

4) Вычисление неизвестных удельных объемов (а, следовательно и удельных весов) возможно не при всяких реакциях, а только при реакциях замещения, потому что при большей части соединений и разложений сумма удельных объемов (так же, как и объемы паров) реагирующих тел бывает значительно меньше или больше, чем сумма удельных объемов образующихся тел.

Примеры уменьшения удельных объемов при соединениях:

$S^2O^4 + Cl^2 = S^2O^4Cl^2$. $SV \cdot A = 552^{107} + 655 = 1207$. $SV \cdot B = 1018^{108}$.
$C^8H^8 = H^2O^2 = C^8H^{10}O^2$. $SV \cdot A = 1134^{109} + 225 = 1359$. $SV \cdot B = 1156^{110}$.
$C^6H^5Br + Br^2 = C^6H^5Br^3$. $SV \cdot A = 1005^{111} + 621^{112} = 1626$. $SV \cdot B = 1460^{113}$.
$Hg^2 + Cl^2 = Hg^2Cl^2$. $SV \cdot A = 184 + 655 = 839$. $SV \cdot B = 637$.
$2Hg^2 + Cl^2 = 2Hg^2Cl$. $SV \cdot A = 2(184) + 655 = 1023$. $SVB = 2(418) = 836$.

Примеры увеличения удельных объемов при разложениях:

$2C^4H^4O^4 = C^8H^6O^2 + H^2O^2 + C^2O^4$. $SV \cdot A = 2(706) = 1412$. $SV \cdot B = 911^{114} + 225 + 625^{115} = 1761$.
$C^{14}H^6O^4 = C^{12}H^6 + C^2O^4$. $SV \cdot A = 1270$. $SV \cdot B = 1099 + 625 = 1724$.
$C^4H^3Cl^3 = C^4H^2Cl^2 + HCl$. $SV \cdot A = 1176^{116}$. $SV \cdot B = 970^{117} + 360 = 1330$.

5) Следовательно только при замещениях SV.A почти равно SV.B. Только при соединениях SV.A значительно больше SV.B и только при разложениях SV.A значительно меньше SV.B.[118].

Это дает возможность во многих случаях с уверенностью решать характер происходящего превращения. Так неизменяемость объема пара при взаимодействии хлора с водородом ведет к заключению, что в данном случае происходит замещение. Далее легко доказать, что при образовании хлористого кали из калия и хлора имеет место соединение, а не замещение, как при образовании хлористого водорода из водорода и хлора, ибо сумма удельных объемов реагирующих

$$K\ (SV = \frac{489}{0{,}84} = 561)\quad и\quad Cl\ (SV = \frac{445}{1{,}36} = 327)$$

равна 888, т. е. значительно больше удельного объема образовавшегося $KCl = 477$. Таким же образом мы находим, что при реакциях: $K^2O^2 + C^2O^4$; $Sb + S^3$; $H^2O^2 + S^2O^6$ и т. д. идут соединения, так как удельные объемы сильно уменьшаются. Природа реакции легко узнается по объемам паров; в тех же случаях, когда объем паров

неизвестен, удельные объемы (в твердом и жидком состояниях) представляют наилучшее средство для определения этой природы.

6) Неизменяемость удельных объемов при замещениях не связана ни со свойствами реагирующих элементов, ни со степенью их сродства, как особенно ясно видно из различия между собою следующих реакций (замещений, см. таблицу):

$$C^4H^6O^2 + C^4H^4O^4 = C^8H^8O^4 + H^2O^2$$
$$Si^2Cl^4 + 4C^4H^6O^2 = (C^4H^5)^4Si^2O^8 + 4HCl$$
$$K^2O^2 + H^2O^2 = KHO^2 + KHO^2$$
$$NH^3 + C^4H^5Cl = NC^4H^7 + HCl$$
$$KCl + AgNO^6 = AgCl + KNO^6,$$

так как при всех этих превращениях SV.A почти равно SV.B.

7) Незначительная разница между SV.A и SV.B, находимая при замещениях, бывает то положительной, то отрицательной. Реакции идут всегда под обыкновенным давлением, при обыкновенной температуре и особенно легко, когда при замещениях разница между SV.A и SV.B>0, т. е. положительная, см. примеры № 4, 10, 11, 14, 18, 19, 20, 21 и 22. Трудно в этих условиях идут реакции, когда разница между SV.A и SV.B < 0, т. е. отрицательная; примеры № 1, 5, 6, 7, 9 и почти все случаи образования эфиров из спиртов и кислот.

8) При замещениях, идущих за счет целых радикалов (а не их частей, как бывает при металепсии, т. е. при сочетании), сумма температур кипения реагирующих тел почти равна сумме температур кипения образующихся тел. Их разница обыкновенно не больше 20°; примеры: № 1, 2, 5, 6, 7, 9, 13 и 24. Поэтому из газов—при замещении—образуются газы.

9) При металептических замещениях сумма температур кипения реагирующих тел значительно ниже суммы температур кипения образующихся тел, что особенно замечается при образовании нитробензола (№ 14). Повышение температур кипения при металептических замещениях соответствует более значительному уменьшению в этих случаях удельных объемов по сравнению со случаями замещения, идущими за счет целых радикалов.

10) При соединениях (т. е. при сокращении реагирующих объемов) сумма температур реагирующих тел обыкновенно значительно меньше такой же суммы образующихся тел. Потому при соединении двух газов могут получиться и жидкости и даже твердые тела; примеры: соединения C^4H^4 с Cl^2O с H, HCl с NH^3 и т. д. По этой же причине нелетучи соединения с кислородом многих летучих металлов (напр., Hg, K, Zn и др.).

11) При разложениях сумма температур кипения реагирующих тел больше, чем соответственная сумма образующихся тел. Поэтому сложные твердые и жидкие органические вещества образуют часто при окислении или нагревании газы и легко летучие тела; поэтому и температура кипения бензойной кислоты выше, чем сумма температур кипения бензола и углекислого газа, и т. д.

12) При замещении сумма удельных теплоемкостей реагирующих тел почти равна сумме удельных теплоемкостей образующихся тел, как видно на примерах: № 1, 3, 13, 14, 15, 20, 21 и 22 и как это отметил уже раньше B e r t h e l o t [119] для случаев сочетаний (Copulierung).

13) С помощью удельных весов (и объемов) паров, удельных весов (и удельных объемов) твердых и жидких соединений, температур кипения и удельных теплоемкостей можно решить, представляет ли изучаемое превращение реакцию замещения, соединения или разложения. Этим самым очень часто определяется и рациональная формула (т. е. вес химической молекулы), даже и при неизвестном удельном весе пара. Так из таблицы видно, что при реакции (№15)

$$As^4 + S^{12} = As^2S^6 + As^2S^6$$

SV.A почти равно SV.B и SW.A почти равно SW.B, почему это реакция замещения. Так как здесь реагируют только две молекулы (As^4 и S^{12}), то должны образоваться, как при всяких замещениях, тоже две молекулы, т. е. As^4S^{12}, соответствует двум молекулам и рациональная формула аурипигмента должна быть As^2S^6.

14) Из изложенного, думаю, можно вывести следующие практические заключения: когда при химических реакциях сумма паров реагирующих тел равна сумме паров образующихся тел, то остаются равными соответственные суммы удельных объемов, температур кипения и удельных теплоемкостей реагирующих и образующихся тел, т. е., если

$$V \cdot A = V \cdot B,$$

то

$$SV \cdot A = SV \cdot B,$$

$$T \cdot A = T \cdot B \text{ и}$$

$$SW \cdot A = SW \cdot B$$

Примечания

1) Тут нет полного равенства, а только приближение. Объем одного эквивалента водорода (12,5) не в два раза больше объема эквивалента (100) кислорода, а в 1,997 раз, что вытекает из очень точных опытов Реньо (Regnault). Удельный вес водорода по двум работам его (в 1845 г. и 1848 г.) равен 0,06926. Менее точные опыты Дюма с Буссенго (Dumas, Boussingault) и Томсона (Thomson) дали очень близкие к этой величине цифры. Если бы объем водорода был точно в два раза больше объема кислорода, т. е. если бы возможно было

$$\frac{12{,}5}{x} : \frac{100}{1{,}10564} = 2 : 1,$$

то удельный вес водорода x должен бы равняться 0,06910, что невозможно, так как ошибка в опытах Реньо была значительно ниже 0,0001.

2) Такой способ вычисления теоретического удельного веса пара рациональнее употребляемого теперь, так как он не требует знания удельных весов всех простых тел. Эту формулу я опубликовал впервые в брошюре: «Положения (Thesen),

избранные для защищения на степень Магистра Химии Д. Менделеевым», С. Петербург 1856 г., 9-го сентября. Позднее К о п п (Kopp) предложил (Comptes rendus 1857, XLIV, p. 1347) подобный же способ.

3) Удельный вес паров серы по четырем опытам Дюма (1832) равен: 6,495; 6,512; 6,581; 6,617; по Митчерлиху (Mitscherlich) он 6,90 (1833); среднее: 6,29.

4) Уд. в. паров фосфора: 4,420; 4,355 по Дюма; 4,85 по Митчерлиху; среднее 4,45.

5) Уд. в. паров мышьяка: 10,71; 10,60 по Митчерлиху.

6) Уд. в. паров хлористого кремния: 5,939 по Дюма.

7) Уд. в. паров хлорангидрида серной кислоты: 4,665 по Реньо.

8) Уд. в. паров какодила: 7,101 по Бунзену (Bunsen).

9) Для правильного определения объема паров в отношении к объему эквивалента кислорода может служить выражение I. Объем пара $V = \frac{P}{D}\,361{,}78$. Для уксусной кислоты $V = \frac{750}{2{,}083}\,361{,}78 = 3{,}981$, т е. почти 4.

10) Жерар (Gerhardt) признает три рода химических реакций: окисление, раскисление (désoxydation) и замещение и склонен принять здесь замещение (Gerhardt, Traité de Chim. org. IV—570, 860).

11) При помощи SV мы обозначаем удельные объемы. История и критика почти всех работ, которые касаются удельных объемов, дана нами в статье: «Удельные объемы. С. Петербург, 1856».

12) Уд. в. спирта: 0,8151 (0°) Pierre; 0,809 (5°) Delffs; 0,7996 (15°) Kopp; 0,7982 (14°) Kopp; 0,7924 (18°) Gay-Lussac; 0,7925 (18°) Dumas; 0,791 (20°) Meissner; 0,8062 (0°) Mouneke; 0,790 (20°) Connel; 0,792 Plückner; 0,8072 (20°); 0,8113 (15°); 0,8150 (10°) Regnault. Среднее: 0,800.

13) Теплоемкость спирта: 0,6148 Regnault; 0,6220 Despretz; 0,6320 Delarive и Marcet; 0,6449 Favre и Silbermann; 0,617 Andrews. Среднее: 0,626.

14) Уд. в. уксусной кислоты: 1,0535 (20°); 1,0591 (15°); 1,0643 (10°) Regnault; 1,0622 (0°) Frankenheim; 1,0620 (17°) Kopp; 1,0635 (10°) Delffs; 1,063 (16°) Mollerat; 1,0635 (15°) Mohr; 1,065 (13°) Persotz; 1,0622 (16°) Sebille-Auger. Среднее: 1,062.

15) Теплоемкость уксусной кислоты: 0,50822 Favre и Silbermann.

16) Уд. в. уксуснокислого этила: 0,9065 (0°) Pierre; 0,8927 Kopp; 0,9051 Frankenheim; 0,906 Masson; 0,8992 Delffs; 0,89 Liebig. Среднее: 0,900.

17) Теплоемкость уксуснокислого этила: 0,48344 Favre и Silbermann; 0,474 Andrews. Среднее: 0,479.

18) Уд. в. уксусного ангидрида: 1,0799 (15°) Kopp; 1,073 (20°) Gerhardt. Среднее: 1,076.

19) Уд. в. каломели: 7,140 Boullay; 7,176 Graham-Otto's Lehrbuch; 6,992 Karsten; 6,707 Herapath; 7,178 Playfair и Joule. Среднее: 7,039.

20) Теплоемкость каломели: 0,0520 Regnault.

21) Уд. в. ртути: 13,59593 (0°) Regnault; 13,595 (0°) Kopp.

22) Теплоемкость ртути: 0,0318 Delarive и Marcet; 0,0300 Kirwan; 0,330 Potter; 0,0333 Regnault. Среднее 0,0337.

23) Уд. в. сулемы: 5,420 Boullay: 5,14; L. Gmelin; 5,403 Karsten. Среднее: 5,321.

24) Теплоемкость сулемы: 0,0689 Regnault.

25) Уд. в. хлористого кремния: 1,4884 (20°); 1,4983 (15°); 1,5083 (10°) Regnault; 1,5237 (0°) Pierre. Среднее: 1,505.

26) Теплоемкость хлористого кремния: 0,190 Regnault.

27) Уд. в. кремнекислого этила: 0,933 (20°) Ebelmen.

28) Уд. в. жидк. хлористого водорода: 1,27 Faraday.

29) Уд. в. азотной кисл.: 1,522 Ure; 1,521 Graham; 1,52 Pelouze. Среднее: 1,521.

30) Теплоемкость азотной кисл. 0,4450 Гесс.

31) Уд. в. азотнокисл. этила: 1,112 Millon; 1,1123 Kopp. Среднее: 1,112.

32) Уд. в. амилового спирта: 0,8271 (0°) Pierre; 0,8139 (16°) Kopp; 0,8113 (19°) Kopp; 0,8155 (15°) Reikher; 0,8184 (15°) Cahours; 0,818 (14°) Delffs; 0,8137 (15°) Kopp. Среднее: 0,817.

33) Теплоемкость амил. спирта: 0,58728 Favre и Silbermann.
34) Уд. в. муравьиной кисл. 1,2353 (12°) Liebig; 1,2067 (13°) Kopp. Среднее: 1,221.
35) Теплоемкость муравьиной кисл. 0,60401 Favre и Silbermann.
36) Уд. в. муравьинокисл. амила: 0,884 (15°) Delffs; 0,8743 (21°) Kopp. Среднее: 0,879.
37) Уд. в. метилового спирта: 0,8207 (0°) Pierre; 0,8031 (17°) Kopp; 0,7938 Kopp; 0,7997 (16°) Kopp; 0,8052 (9°) Delffs; 0,798 (20°) Dumas и Peligot; 0,807 (9°) Deville. Среднее: 0,804.
38) Теплоемкость метилового спирта: 0,593 Regnault: 0,671 Favre и Silbermann; 0,613 Andrews. Среднее: 0,626.
39) Уд. в. масляной кисл.: 0,9675 (25°) Chevreul; 0,9739 (15°) Kopp; 0,9817 (0°) Pierre; 0,973 (7°) Delffs; 0,963 (15°) Pelouze. Среднее: 0,972.
40) Теплоемкость масляной кисл.: 0,4142 Favre и Silbermann.
41) Уд. в. маслянокисл. этила: 0,9045 (15°) Kopp; 0,8793 (30°) Kopp. Среднее: 0,892.
42) Теплоемкость маслянокислого метила: 0,4917 Favre и Silbermann.
43) Уд. в. фенола: 1,065 (18°) Laurent; 1,0587 (33°) Kopp. Среднее: 1,062.
44) Уд. в. анизола: 0,991 (15°) Cahours.
45) Уд. в. бензойной кисл.: (1,0838 при 121°,4 Kopp); 1,201 (при 21°, тверд.) Менделеев.
46) Уд. в. бензойнокисл. амила: 0,9925 (14°) Kopp.
47) Уд. в. полухлористой серы: 1,687 Dumas; 1,686 Marchand; 1,6802 Kopp; 1,6793 (20°); 1,6882 (15°); 1,6970 (10°) Regnault. Среднее: 1,686.
48) Теплоемкость полухлористой серы: 0,203 Regnault.
49) Уд. в. жидкого хлора: 1,38—1,33 Faraday. Среднее: 1,36.
50) Уд. в. хлористой серы: 1,620 Dumas.
51) Уд. в. хлористого ацетила: 1,125 Gerhardt; 1,1072 Kopp. Среднее: 1,116.
52) Уд. в. жидкого аммиака: 0,760—731 Faraday. Среднее: 0,745.
53) Уд. в. хлористого этила: 0,9214 (0°) Pierre.
54) Уд. в. этиламина: 0,6964 (8°) Wurtz.
55) Уд. в. амилового эфира: 0,7994 Wurtz.
56) Теплоемкость амилового эфира: 0,52117 Favre и Silbermann.
57) Уд. в. бензола: 0,8836 (15°) Kopp; 0,8888 (20°); 0,8887 (15°); 0,8931 (10°) Regnault. Среднее: 0,887.
58) Теплоемкость бензола: 0,39 Regnault.
59) Уд. в. нитробензола: 1,209 Mitscherlich; 1,1866 Kopp. Среднее: 1,198.
60) Теплоемкость нитробензола: 0,35 Regnault.
61) Уд. в. серы ромбич.: 2.072 Mohs; 2 069 Kopp; 2,0705; 2,0635; 2,063 Deville; 2,066; 2,045 Marchand и Scheerer. Среднее: 2,067.
62) Теплоемкость серы: 0,.88 Dulong и Petit; 0,190 Dalton; 0,202 Regnault; 0,2090 Neumann. Среднее: 0,198.
63) Уд. в. мышьяка: 5,700—5,959 Guibourt; 5,628 Karsten; 5,672 Herapath; 5,673 Brisson; 5,763 Stromeyer; 5,884 Turner; 5,766 Playfair и Joule. Среднее: 5.71.
64) Теплоемкость мышьяка: 0,0804 Hermann; 0,0810 Avogadro; 0,0814 Regnault. Среднее: 0,081.
65) Уд. в. аурипигмента: 3,495 Karsten; 3,313 Mousschenbröck; 3,460 Mohs Среднее: 3,42.
66) Теплоемкость аурипигмента: 0,1132 Neumann; 0,1244 Hermann. Среднее: 0,12.
67) Уд. в. окиси калия: 2,656 Karsten.
68) Уд. в. гидрата окиси калия: 2,10 Dalton; 2,044 Filhöl. Среднее: 2,072.
69) Теплоемкость гидрата окиси калия: 0,3580 Avogadro.
70) Уд. в. окиси кальция: 3,179 Boullay; 3,161 Karsten; 3,180 Filhöl; 3,08 Dumas. Среднее: 3,150.
71) Уд. в. гидрата окиси кальция: 2,078 Filhöl.
72) Теплоемкость гидрата окиси кальция: 0,3 Avogadro; 0,4 Dalton. Среднее: 0,35.
73) Уд. в. азотнокислого кали: 2,101 Karsten; 2,058 Kopp; 2,070—2,100 Playfair и Joule; 2,109 Grassi. Среднее: 2,09.

74) Теплоемкость азотнокисл. калия: 0,2690 Avogadro; 0,2387 Regnault. Среднее: 0,25.

75) Уд. в. гидрата окиси барита: 4,495 Filhöl.

76) Уд. в. азотнокисл. барита: 2,915 Hassenfrotz; 3,185 Karsten; 3,200 Filhöl; 3,222—3,246 Kremers; 3,284—3,161 Playfair и Joule. Среднее 3,17.

77) Теплоемкость азотнокисл. барита; 0,1334 Hermann; 0,1523 Regnault. Среднее: 0,14.

78) Уд. в. серной кисл.: 1,840 Deleszennes; 1,849 Ure: 1,854 Marignac; 1,857 Bineau; 1,842 Bineau; 1,848 Graham; 1,845 Gmelin. Среднее: 1,848.

79) Теплоемкость серной кисл.: 0,349 Delarive и Marcet; 0,3500 Dalton. Среднее 0,35.

80) Уд. в. сернокисл. кали: 2,623 Karsten; 2,636 Wattson; 2,662 Kopp; 2,625 Filhöl; 2,640 Playfair и Joule; 2,644—2,657 Penny. Среднее: 2,641.

81) Теплоемкость сернокисл. кали: 0,169 Avogadro; 0,1901 Regnault. Среднее 0,18.

82) Уд. в. хлористого калия: 1,945 Kopp; 1,994 Filhöl; 1,915 Karsten; 1,976 Playfair и Joule. Среднее: 1,958.

83) Теплоемкость хлористого калия: 0,1403 Hermann; 0,184 Avogadro; 0,1729 Regnault. Среднее: 0,166.

84) Уд. в. азотнокисл. серебра: 4,355 Karsten; 4,336 Playfair и Joule. Среднее 4,345.

85) Теплоемкость азотнокисл. серебра: 0,1435 Regnault.

86) Уд. в. хлористого серебра: 5,548 Boullay; 5,501 Karsten; 5,189 Herapath; 5,45 Graham. Среднее: 5,407.

87) Теплоемкость хлористого серебра: 0,0844 Hermann; 0,0911 Regnault. Среднее 0,088.

88) Уд. в. хлористого бария: 3,750 Filhöl; 3,704 Karsten; 3,860 Boullay; 3,70 Kremers. Среднее: 3,753.

89) Теплоемкость хлористого бария: 0,078 Hermann; 0,0896 Regnault. Среднее: 0,084.

90) Уд. в. сернокисл. натра: 2,631 Karsten; 2,642 Mitscherlich; 2,629 Filhöl 2,658—2,684 Kremers. Среднее: 2,649.

91) Теплоемкость сернокисл. натра: 0,234 Regnault; 0,2630 Avogadro. Среднее: 0,25.

92) Уд. в. природн. сернокисл. барита: 4,446 Mohs; 4,442 Breithaupt; 4,48 G. Rose. Среднее: 4,456.

93) Теплоемкость сернокисл. барита: 0,1088 Neumann; 0,1128 Regnault. Среднее: 0,11.

94) Уд. в. хлористого натрия: 2,15 Kopp; 2,240 Filhöl; 2,011 Playfair и Joule. 2,140—2,207 Grassi; 2,26 Mohs; 2,078 Karsten; 2,195—2,264 Deville; 2,1316 Wertheim. Среднее: 2,168.

95) Теплоемкость хлористого натрия: 0,221 Avogadro; 0,23 Dalton; 0,241 Regnault. Среднее: 0,23.

96) Уд. в. углекисл. натра: 2,4659 Karsten; 2,509 Filhöl; 2,427 Playfair и Joule Среднее: 2,467.

97) Теплоемкость углекисл. натра: 0,2727 Regnault.

98) Уд. в. азотнокисл. свинца: 4,316—4,476 Playfair и Joule; 4,400 Karsten; 4,709 Breithaupt; 4,34 Kopp; 4,581 Filhöl. Среднее: 4,479.

99) Уд. в. углекисл. свинца: 6,465 Breithaupt; 6,428 Karsten. Среднее: 6,447.

100) Теплоемкость углекисл. свинца: 0,086 Regnault; 0,0814 Neumann; 0,0818 Hermann. Среднее: 0,083.

101) Уд. в. азотнокисл. натра: 2,19 Marx; 2,20 Kopp; 2,260 Filhöl; 2,26 Karsten; 2,182—2,261 Playfair и Joule. Среднее: 2,242.

102) Теплоемкость азотнокисл. натра: 0,24 Avogadro; 0,2782 Regnault. Среднее: 0,26.

103) Уд. в. глицерина: 1,280 Pelouze.

104) Уд. в. диацетина: 1,184 (16°)—1,188 (13°) Berthelot.

105) Исследование Бекетова: («О некоторых случаях химических сочетаний и общие замечания об этих явлениях». С. Петербург. 1853, d. h. Ueber einige Fälle Chemischer Copulierungen und allgemeine Bemerkungen über diese Erschei-

nungen) и Berthelot (Ann. de Chimie et Physique 1856, 3 sér. T. XLVIII, p. 322) вели уже раньше к заключению о неизменяемости удельных объемов при замещениях сочетанием (Copulierung); мы расширяем этот вывод на все случаи замещения.

106) Удельный объем $SV = \frac{P}{d}$, откуда $d = \frac{P}{SV}$.

107) Уд. в. сернистой кисл.: 1,45 Bussy; 1,42 Faraday; 1,4911 Pierre. Среднее: 1,45. Следовательно, уд. объем $= \frac{800}{1,45} = 552$.

108) Уд. в. хлоросерной кисл. $S^2O^4Cl^2$: 1,659 Regnault. $SV = \frac{1668}{1,659} = 1018$

109) Уд. в. тетрилена [теперь бутилена, *Red.*] $C^8H^8 = 0,617$ Wurtz. $SV = \frac{700}{0,617} = 1134$.

110) Уд. в. тетрилового [бутилового] спирта $C^8H^{10}O^2 = 0,8032$. Уд. объем $= \frac{925}{0,803} = 1156$.

111) Уд. в. бромпропилена = 1,472 Cahours. Уд. объем $= \frac{1479}{1,472} = 1005$.

112) Уд. в. брома 2,985 (15°) Löwig; 2,966 (15°) Balard; 3,187 (0°) Pierre. Среднее: 3,113. Уд. объем $= \frac{1932}{3,113} = 621$.

113) Уд. в. бромпропиленбромюра: 2,336 Cahours. Уд. объем $= \frac{3411}{2,336} = 1460$.

114) Уд. в. ацетона: 0,7921 Liebig; 0,7995 Kopp. Уд. объем $= \frac{725}{0,796} = 911$.

115) Уд. в. жидкой углекислоты при 0°: 0,830 Thilorier; 0,93 Mitchel. Среднее: 0,88. Уд. объем при 0° следовательно $= \frac{550}{0,88} = 625$. При обыкновенной температуре он должен быть значительно больше, потому что при 30° уд. в. углекислоты жидкой = 0,7385 Mitcherlich.

116) Уд. в. $C^6H^3Cl^3 = 1,422$ Regnault; уд. объем $= \frac{1670}{1,422} = 1176$.

117) Уд. в. $C^4H^2Cl^2 = 1,250$ Regnault; уд. объем $= \frac{1213}{1,25} = 970$.

118) Из этого закона видно, что равенство $SV \cdot A = SB \cdot B$ возможно приблизительно и при некоторых случаях соединений и разложений. Впрочем эти случаи очень редки.

119) Loc. citato (см. 105).

Редактор *Б. Б. Кейзер.* Техн. редактор *Б. П. Спиро.*

Тираж 3000 с готовых матриц. Подп. в печ. 22/II 1937 г. Формат бумаги 60 × 92. Уч.-авт. л. 28. Бум. лист. $10^{7}/_{8}$ Печатн. знак. в бум. листе 101 000. Заказ № 378. Ленгорлит № 68. Выход в свет март 1937 г.

3-я тип. ОНТИ Ленинград, ул. Моисеенко, 10.