

Н.Н. Бекетов

Основные начала термохимии

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 54
ББК 24
Н11

Н11 **Н.Н. Бекетов**
Основные начала термохимии / Н.Н. Бекетов – М.: Книга по Требованию, 2021. – 42 с.

ISBN 978-5-458-58483-8

Четыре лекции, читаемые академиком Н.Н. Бекетовым

ISBN 978-5-458-58483-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

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

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

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

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

яснялось выдѣленіемъ особенной огненной матеріи — флогистона, входящаго въ составъ горючихъ тѣлъ. Въ настоящее время мы, конечно, самый флогистонъ приравниваемъ къ энергіи; но не такъ понималъ его самъ создатель этой гипотезы — Сталь и его послѣдователи, утверждавшіе, какъ извѣстно, что явленіе горѣнія не есть соединеніе кислорода съ горящимъ тѣломъ, а есть разложеніе горящаго тѣла на флогистонъ и нѣкоторый остатокъ. Они даже утверждали, что свѣтъ и теплота, т.-е. то, что мы называемъ энергіей, могутъ обращаться въ матерію. Ясное пониманіе явленія горѣнія, какъ извѣстно, и послужило Лавуазье для основанія современнаго ученія о химическихъ явленіяхъ. Лавуазье сразу, такъ сказать, обнялъ всю совокупность химическихъ явленій, матеріальную и динамическую, которыя обѣ онъ и измѣрилъ. Опредѣливъ синтезомъ воды вѣсовые и объемныя отношенія входящихъ въ составъ ея элементовъ, онъ въ то же время опредѣлилъ и количество выдѣляющейся теплоты, довольно близкое къ тому, которое принимается въ настоящее время. Потомъ явились изслѣдованія Дюлонга, Дебре и, наконецъ, Гесса, который первый высказалъ основной законъ термохиміи, принимаемый нами теперь за аксіому, а именно, что *теплота, выдѣляющаяся при образованіи соединенія, равна теплотѣ, поглощаемой при его разложеніи*. Въ настоящее время положеніе это можно считать выводомъ изъ теоріи сохраненія энергіи, но тогда идея объ этомъ еще игнорировалась наукой. Фактическимъ матеріаломъ и вообще болѣе точными данными термохимія обогатилась трудами Фавра и Зильбермана, Андрияса и, наконецъ, въ послѣднія 25 лѣтъ изслѣдованіями Томсена, Бертело и нашего соотечественника Лугинина. Благодаря изслѣдованіямъ этихъ ученыхъ, мы въ настоящее время обладаемъ обширнымъ фактическимъ матеріаломъ, и намъ извѣстны теплоты образованія всѣхъ важнѣйшихъ соединеній не только неорганическихъ, но и органическихъ: представляя самъ по себѣ высокій интересъ, какъ дополненіе нашихъ свѣдѣній объ образованіи соединеній, матеріалъ этотъ въ то же время даетъ намъ руководящій ключъ для разъясненія направленія химическихъ реакцій и находится въ тѣсной связи съ химическими свойствами элементовъ и ихъ соединеній; онъ привелъ уже къ нѣсколькимъ замѣчательнымъ выводамъ.

Какъ же добываются эти данныя, какъ производятся самыя наблюденія, и какимъ образомъ дѣлаются изъ нихъ выводы? Въ моемъ краткомъ обзорѣ я не могу входить въ подробное описаніе методовъ изслѣдованія, а только укажу на ихъ общія основанія. Въ настоящее время всѣ эти методы, кромѣ одного, сводятся къ тому, чтобы собрать всю теплоту, выдѣляемую (или поглощаемую) при химическихъ процессахъ въ водѣ калориметра, то окружающаго сосуда, гдѣ происходитъ процессъ (наприм., горѣніе), то составляющаго, какъ растворитель, среду, непосредственно воспринимающую теплоту реакціи, наприм., при насыщеніи кислотъ основаніями.

Количество воды калориметра съ точностію извѣстно, измѣненіе ея температуры также опредѣляется съ возможной точностью чувствительнымъ термометромъ, и тогда, принимая теплостойкость воды за единицу, мы получаемъ количество калорій, помножая вѣсъ воды на измѣненіе температуры. Конечно, и всѣ части калориметра, такъ же измѣняющія свою температуру, принимаются въ расчетъ. Бунзенъ предложилъ иной способъ: онъ основанъ на измѣреніи сжатія во время таянія льда отъ химической реакціи, чѣмъ онъ и отличается отъ извѣстнаго, но теперь оставленнаго ледянаго калориметра Лавуазье, при которомъ количество теплоты измѣнялось количествомъ воды, образовавшейся отъ таянія льда.

Въ послѣдніе годы Бертелло предложилъ удачное видоизмѣненіе обыкновеннаго калориметра, новый приборъ, названный „калориметрической бомбой“. Онъ состоитъ изъ стального, почти шарообразнаго сосуда, выложеннаго внутри платиной, въ которомъ и производится сожженіе посредствомъ сгущеннаго до 20 атмосферъ кислорода. Сосудъ, какъ и въ прежнихъ калориметрахъ, погруженъ въ опредѣленное количество воды, собирающей теплоту реакціи. Способъ этотъ имѣетъ то преимущество, что даетъ возможность производить сожженіе въ самое короткое время и избѣгнуть такимъ образомъ поправокъ на охлажденіе, всегда нѣсколько неточныхъ. Самый существенный вопросъ термохимической калориметріи однако же заключается въ способѣ, которымъ производятся выводы изъ наблюдаемыхъ фактовъ. Чтобы сдѣлать эти выводы, необходимо познакомиться съ основными положеніями термохиміи. Главный основной законъ термохиміи, о которомъ я уже упо-

миналь, это — равенство термического дѣйствія, но съ противоположными знаками, при двухъ противоположныхъ реакціяхъ. Если, напримѣръ, при образованіи какого-нибудь соединенія изъ элементовъ отдѣляется количество теплоты $+a$, то при обратномъ дѣйствіи, т.-е. при разложеніи соединенія на первоначальные элементы, поглощается такое же количество теплоты — a . Этотъ основной законъ и даетъ возможность чрезвычайно расширить область термохимическихъ опредѣленій, какъ это мы увидимъ далѣе.

Другой законъ извѣстенъ подъ именемъ *теоремы начального и конечного состоянія* и заключается въ слѣдующемъ: если какая-нибудь первоначальная система элементовъ или соединеній переходитъ въ другую конечную систему, то какимъ бы путемъ, т.-е. какимъ бы рядомъ химическихъ реакцій этотъ переходъ ни произошелъ, — всегда общая алгебраическая сумма тепловыхъ эффектовъ будетъ одна и та же, т.-е. будетъ величиной постоянной (Томсенъ назвалъ эту сумму по отношенію къ сложному тѣлу его термохимическимъ эквивалентомъ). Примѣръ лучше всего можетъ уяснить смыслъ этого закона. Представимъ себѣ, что имѣемъ систему металлическаго калия, сѣры и свободного кислорода, которую заставимъ перейти посредствомъ ряда химическихъ процессовъ въ сѣрнокислый калий; но выберемъ для этого разнообразныя пути, и при каждой послѣдовательной реакціи будемъ съ точностію опредѣлять количества выделяющейся теплоты a, b, c, d и т. д. Выберемъ два пути образованія сѣрнокислаго калия: 1) соединимъ K_2 съ сѣрою въ K_2S , при чемъ получится количество теплоты a ; затѣмъ сожжемъ K_2S въ кислородѣ, получимъ сѣрнокислый калий — K_2SO_4 съ выдѣленіемъ количества теплоты b ; слѣдовательно, въ этомъ случаѣ общая сумма теплоты при образованіи сѣрнокислаго калия изъ элементовъ равняется $a + b$. 2-й путь: окислимъ K въ безводную окись калия K_2O , отдѣлится количество теплоты c ; съ другой стороны, сожжемъ сѣру въ кислородѣ въ SO_2 , получимъ теплоту d ; соединимъ эти двѣ окиси въ сѣрнисто-кислый калий K_2SO_3 , отдѣляется теплота e . Наконецъ, окислимъ сѣрнисто-кислый калий K_2SO_3 въ сѣрнокислый калий K_2SO_4 , получится теплота f . Слѣдовательно, всего теплоты при образованіи сѣрнокислаго калия изъ элементовъ этимъ пу-

темъ выдѣлилось количество, равное $c + d + e + f$. Сравнивая эти двѣ суммы, увидимъ, что онѣ равны: $a + b = c + d + e + f = \text{const.}$ И если бы мы осуществили другіе пути образованія сѣрноокислаго калия изъ элементовъ, то получили бы такую же сумму. Эти два закона, особенно первый, и служатъ для выводовъ изъ термохимическихъ наблюдений. Если бы всѣ элементы легко и быстро соединялись между собой и притомъ въ единичное соединеніе, то мы имѣли бы возможность и безъ помощи предыдущихъ законовъ опредѣлять теплоту образованія соединений. Но, къ несчастію, только въ рѣдкихъ случаяхъ возможно производить такіа прямыя, т.-е. непосредственныя опредѣленія; примѣрами такого прямого опредѣленія могутъ служить теплота образованія воды изъ элементовъ, кислорода и водорода, хлористоводородной кислоты изъ хлора и водорода, а также теплота горѣнія угля въ углекислоту, такъ какъ въ этихъ случаяхъ соединеніе происходитъ быстро и не образуется никакихъ другихъ продуктовъ, кромѣ воды, соляной кислоты и углекислоты*). Въ большинствѣ же случаевъ приходится дѣлать косвенныя опредѣленія теплоты образованія болѣе сложнымъ процессомъ, при которомъ одновременно происходятъ и разложеніе и соединеніе, и, слѣдовательно, наблюдаемое количество теплоты является разницей этихъ двухъ противоположныхъ термохимическихъ процессовъ; тогда выводъ искомой теплоты образованія одного изъ соединений дѣлается на основаніи перваго термохимическаго закона равенства теплоты образованія и разложенія. Такимъ образомъ, полученный результатъ будетъ зависѣть не только отъ точности производящагося наблюденія, но и отъ точности другихъ предыдущихъ наблюдений. Примѣромъ такого косвеннаго опредѣленія можетъ служить теплота соединенія углерода съ водородомъ. Какъ извѣстно, эти два элемента непосредственно не соединяются, и потому прямое опредѣленіе теплоты этой реакціи невозможно, и поэтому поступаютъ такъ: изслѣдуемый углеводородъ сжигаютъ въ кислородѣ и опредѣляютъ теплоту горѣнія; полученное такимъ образомъ количество теплоты есть разница между теплотой горѣнія угля и водорода въ кислородѣ и теплотой $+$ или $-$ разрушенія, и, слѣдовательно,

*) Слѣды окиси углерода, образующейся иногда при горѣніи угля, легко опредѣляются и вводятся, какъ поправка.

образования углеводорода. Если полученная теплота горѣнія меньше теплотъ горѣнія углерода и водорода въ элементарномъ состояніи, то, слѣдовательно, недостающее количество пошло на разрушеніе частички углеводорода и представляетъ такимъ образомъ теплоту его образования изъ элементовъ; если же полученное количество больше суммы теплотъ горѣнія углерода и водорода, какъ элементовъ, то избытокъ представляетъ, слѣдовательно, теплоту, выдѣлившуюся при разрушеніи взятаго углеводорода, т.-е. показываетъ, что соединеніе это образовалось съ поглощеніемъ полученнаго избытка теплоты.

При термохимическомъ изученіи углеводородовъ наблюдаются оба случая. На томъ же основаніи, при термохимическихъ опредѣленіяхъ, часто пользуются явленіями замѣщенія: такъ напр., опредѣлена теплота образования хлористыхъ и вообще галоидныхъ солей металловъ. Такъ какъ теплота соединенія водорода съ хлоромъ и теплота растворенія соляной кислоты въ водѣ опредѣлены съ точностью, то, растворяя металлы въ этой кислотѣ и опредѣляя теплоту этой реакціи, легко вывести теплоту образования хлористыхъ металловъ, присоединяя къ полученной теплотѣ теплоту, потраченную на разложеніе кислоты и ея раствора.

При выводѣ результатовъ термохимическихъ опытовъ съ цѣлію ихъ сравненія между собою для общаго сужденія объ относительной энергіи химическихъ реакцій слѣдуетъ вводить въ вычисленіе и теплоту измѣненія физическаго состоянія для того, чтобы сравнивать реакціи, по возможности, при одинаковыхъ физическихъ состояніяхъ и условіяхъ; напр., при сравненіи теплоты соединенія водорода съ кислородомъ и хлоромъ слѣдуетъ изъ теплоты образования воды вычитать теплоту ея сжиженія изъ пара въ жидкость для того, чтобы сравнивать воду и соляную кислоту въ одинаковомъ, т.-е. газообразномъ состояніи.

2-я лекція.

Запасъ энергіи элементовъ и теплота образованія частицъ изъ атомовъ.

Выдѣленіе теплоты даже при самыхъ простыхъ химическихъ реакціяхъ, каковы напр. всѣ непосредственныя соединенія двухъ элементовъ — горѣніе угля, сѣры, водорода въ кислородѣ и тому подобное, хотя и можетъ быть опредѣлено съ большою точностію и считается непосредственнымъ опредѣленіемъ, — на самомъ дѣлѣ не даетъ намъ однако полной термохимической картины химическихъ явленій. И въ этомъ случаѣ мы наблюдаемъ на самомъ дѣлѣ только *разницу* между теплотой образованія сложнаго тѣла и теплотой разрушенія частицъ элементовъ, т.-е. распаденія ихъ на атомы; эта теплота дезаггегации элементовъ намъ неизвѣстна, и мы не имѣемъ метода для ея опредѣленія, и потому получаемая теплота образованія сложнаго тѣла относится къ образованію ихъ изъ элементовъ въ томъ видѣ, въ какомъ они берутся для реакціи. Но чтобы, хотя приблизительно, судить объ этой теплотѣ для сравненія ея съ другими термохимическими явленіями, я приведу одинъ случай химическаго явленія, который дастъ намъ возможность составить себѣ нѣкоторое понятіе объ этомъ вопросѣ. Случай этотъ представляетъ углеродъ. Когда чистый аморфный уголь сгораетъ въ углекислоту, то на каждый атомъ (12 gr.) выдѣляется 96000 единицъ теплоты (м. кал.); а такъ какъ между 4-мя единицами, или лучше двумя парами единицъ сродства углерода мы не можемъ принимать никакой разницы, что доказывается опытомъ, не подтверждающимъ изомеріи въ порядкѣ замѣщенія 4-хъ водородовъ, стоящихъ при одномъ углеродѣ, — то слѣдовательно и теплоты соединенія съ углеродомъ обѣихъ кислородовъ, какъ тождественныхъ, должны быть одинаковы, — слѣдовательно въ данномъ случаѣ каждый атомъ кислорода долженъ выдѣлить по 48000 м. калорій; но на самомъ дѣлѣ это не такъ. Правда, когда уголь прямо сгораетъ въ CO_2 , а онъ всегда, какъ извѣстно, непосредственно соединяется сразу съ двумя O (что также доказываетъ одинаковость отношенія обоихъ атомовъ кислорода), то мы и допускаемъ, что они оба отдѣляютъ

при этомъ равное количество теплоты. Но если мы будемъ соединять кислородъ постепенно, напр. если мы приготовимъ сначала окись углерода (CO) и будемъ ее сжигать въ кислородѣ, то получимъ теплоту превращенія ея въ углекислоту не 48000 м. к., какъ можно было бы ожидать, а 68000 м. к.; а такъ какъ соединеніе углерода прямо съ двумя кислородами выдѣляетъ 96000 м. к., то, вычитая предыдущую величину изъ послѣдней, получимъ только 28000 м. к. для теплоты присоединенія перваго атома кислорода, т.-е. для теплоты образованія окиси углерода изъ элементовъ. Но, какъ мы уже сказали, разницы между обоими кислородами въ углекислотѣ мы не можемъ допустить, то остается объяснить разницу теплотъ присоединенія дѣйствительною разницею въ условіяхъ реакціи, — а именно: во время соединенія окиси углерода съ кислородомъ углеродъ находится уже въ атомномъ состояніи и притомъ въ газообразномъ соединеніи, слѣд. не затрачивается работы (или части теплоты) на его дезаггрегацію, и потому отдѣляется болѣе теплоты — 68 большихъ калорій; а на первую величину теплого отдѣленія падаетъ вся затрата энергіи на эту дезаггрегацію, безъ которой должно было бы выдѣлиться столько же теплоты, какъ и при сгораніи окиси углерода въ углекислоту, т.-е. 68 б. кал., — слѣдовательно разница эта 68 б. к. — 28 б. к., равная 40 б. к., т.-е. разница теплотъ присоединенія второго и перваго кислорода должна представлять теплоту дезаггрегаціи углерода, отнесенную къ одному атому. А если допустить, что частица углерода состоитъ только изъ 2-хъ атомовъ, то теплота ея образованія изъ атомовъ выразится числомъ 80 б. к., значительно бѣльшую многихъ термохимическихъ дѣйствій между двумя различными элементами, т.-е. теплоты образованія настоящихъ сложныхъ тѣлъ; но, вѣроятно, частица углерода болѣе сложная и состоитъ, можетъ быть, по крайней мѣрѣ, изъ шести атомовъ, и тогда теплота образованія такой частицы выразится числомъ 240 б. к. Сюда однако входитъ не только теплота химической дезаггрегаціи, но и теплота физической дезаггрегаціи, т.-е. плавленія и испаренія. Поглощеніе теплоты при образованіи озона также, вѣроятно, этимъ объясняется, такъ какъ для образованія двухъ частицъ озона необходимо еще разрушить одну частицу кислорода,

атомы которой и распределяются между двумя частицами кислорода. Это образование поглощает 29000 м. к. на одну частицу озона (O_3), слѣд. разложеніе одной частицы кислорода (O_2) на $O + O$ требуетъ 58000 м. к., что и будетъ представлять теплоту образованія частички кислорода (O_2) изъ атомовъ, если допустить, что самое присоединеніе 3-го атома кислорода къ частичкѣ не сопровождается термическимъ дѣйствіемъ. По всей вѣроятности теплота разрушенія частицъ элементовъ является всегда съ отрицательнымъ знакомъ въ общей суммѣ теплового дѣйствія при непосредственномъ соединеніи двухъ элементовъ и, слѣдовательно, болѣе или менѣе понижаетъ ее и даетъ объясненіе такъ называемыхъ эндотермическихъ процессовъ, т.-е. соединеній двухъ элементовъ не съ отдѣленіемъ теплоты, а съ ея поглощеніемъ, такъ какъ врядъ ли можно допустить возможность соединенія атомовъ въ частицу безъ потери нѣкоторой части живой силы. Прилагая, напримѣръ, такое объясненіе къ эндотермическому образованію сѣрнистаго углерода изъ элементовъ, т.-е. вводя указанную выше величину теплоты дезаггегации углерода въ вычисленіе (даже не обращая пока вниманія на теплоту разрушенія частицы сѣры), мы получимъ слѣдующій результатъ: $C + S_2 = CS_2$ поглощаетъ — 12600 м. к., а прибавляя + 40000 (теплоту дезаггегации углерода на одинъ атомъ), получимъ + 28000 + X (теплота дезаггегации сѣры), т.-е. окажется, что атомы сѣры и углерода также соединяются съ выдѣленіемъ теплоты, но эта теплота меньше той, которая должна быть затрачена на разрушеніе частицъ элементовъ, и потому ихъ прямое соединеніе сопровождается на самомъ дѣлѣ поглощеніемъ теплоты, т.-е. по отношенію къ элементамъ произошло не пониженіе, а повышеніе динамическаго состоянія въ пользу системы. Не смотря однако на это пониженіе выдѣляющейся теплоты при соединеніи элементовъ между собою, въ большинствѣ случаевъ это соединеніе сопровождается громаднымъ выдѣленіемъ теплоты, иногда такимъ, при которомъ температура ихъ могла бы возвыситься при данной ихъ теплоемкости до 20000°. Слѣдовательно, мы должны по необходимости допустить, что элементы даже при ихъ настоящемъ частичномъ строеніи должны еще заключать громадный запасъ особенной живой силы, который

и можно назвать химической энергіей (потенціальной), такъ какъ она можетъ быть выдѣлена и превращена въ работу только химическимъ взаимодействіемъ.

Мы, конечно, не можемъ пока сказать ничего положительнаго о происхожденіи и сущности этой энергіи, — мы да-лѣе, впрочемъ, еще вернемся къ этому вопросу. А теперь займемся вопросомъ объ отношеніи этого выдѣленія энергіи, или вообще пониженія динамическаго состоянія къ самому химическому процессу, т.-е. главнымъ образомъ къ измѣненію какъ физическихъ, такъ преимущественно и химическихъ свойствъ при соединеніяхъ. Тутъ главнымъ образомъ и проявляется, по моему мнѣнію, существенное значеніе термохимическихъ данныхъ для уясненія общихъ вопросовъ науки.

Я только что указалъ на громадный запасъ живой силы большинства элементовъ, которую они болѣе или менѣе теряютъ, вступая въ соединенія. Съ этой точки зрѣнія всѣ химическія явленія и соединенія можно раздѣлить на двѣ главные группы: явленія и соединенія, сопровождаемыя выдѣленіемъ теплоты, — это такъ-наз. экзотермическія; явленія и соединенія, сопровождаемыя поглощеніемъ теплоты, — это такъ-наз. эндотермическія. Между ними помѣщается связывающая ихъ группа такихъ соединеній, которыя происходятъ или при термо-нейтральности (напр., обмѣнное разложеніе нейтральныхъ солей), или съ очень малымъ выдѣленіемъ или поглощеніемъ тепла (напр., образованіе нѣкоторыхъ углеводовъ).

Термохимическій процессъ образованія соединеній въ высшей степени отражается въ свойствахъ ихъ. Такимъ образомъ всѣ существующія химическія вещества можно было бы классифицировать и вообще характеризовать бѣльшимъ или меньшимъ запасомъ заключающейся въ нихъ энергіи. На первомъ мѣстѣ въ этомъ динамическомъ ряду будутъ стоять сами элементы, которые, собственно говоря, этимъ главнымъ образомъ и отличаются отъ такъ-называемыхъ сложныхъ тѣлъ. Въ самомъ дѣлѣ въ настоящее время наука признаетъ, что и элементы суть сложные тѣла, т.-е., что частицы ихъ такъ же, какъ и частицы настоящихъ сложныхъ тѣлъ, состоятъ изъ нѣсколькихъ атомовъ и иногда приближаются въ этомъ отношеніи къ очень сложнымъ тѣламъ. Стоитъ только вспомнить рядъ двух-атомныхъ соединеній, каковы Cl_2 , KCl , NaCl или MgO и т. д.,

имѣющихъ составъ самихъ элементовъ K_2 , Cl_2 , H_2 и Mg_2 , O_2 , и съ другой стороны припомнить большую сложность частицъ нѣкоторыхъ элементовъ: O_3 (озона), S_8 , P_4 , As_4 , C_n и т. д. Слѣдовательно строеніе не открываетъ существенной разницы между этими двумя отдѣлами химическихъ веществъ. Въ чемъ же ихъ существенная разница? А именно — въ запасѣ присущей имъ энергіи, которая, стремясь выдѣлиться, заставляетъ эти элементы энергически дѣйствовать другъ на друга и тѣмъ переводить болѣе подвижную систему въ болѣе покойную. Въ этомъ и заключается существенная сторона самаго химическаго процесса, т.-е. въ измѣненіи динамическаго состоянія; но спрашивается, чѣмъ же оно проявляется въ самихъ продуктахъ реакціи — въ сложномъ соединеніи, — на это отвѣчаютъ происходящія при этомъ измѣненія химическихъ свойствъ; къ этому я и обращаюсь.

Кто изъ ученыхъ, изучающихъ химическія явленія, не былъ пораженъ необыкновеннымъ превращеніемъ вещества при химическихъ процессахъ, — куда дѣвались, превратились прежнія свойства вещества? Во что, напр., обратились необыкновенно характерныя, какъ физическія, такъ и химическія свойства хлора и натрія при ихъ соединеніи; находимъ ли мы слѣды этихъ химическихъ свойствъ въ нейтральномъ продуктѣ — поваренной соли; что общаго въ ней съ этимъ желтымъ, все разрушающимъ и на все дѣйствующимъ газомъ съ одной стороны, и съ другой — натріемъ и калиемъ, металлами, которые нельзя почти сохранять, такъ они быстро измѣняются отъ воздуха и влаги и дѣйствуютъ на большинство сложныхъ тѣлъ? Эти первоначальныя свойства хлора и щелочныхъ металловъ исчезли, пропали вмѣстѣ съ присущею имъ энергіей въ состояніи элементовъ; эти свойства, такъ сказать, выдѣлились въ видѣ теплоты, опредѣляемой калориметромъ; безъ этой причинной связи между химическимъ превращеніемъ вещества и выдѣленіемъ энергіи не было бы возможности сколько-нибудь раціонально уяснить себѣ смыслъ химическихъ процессовъ. По моему мнѣнію, измѣненіе свойствъ элементовъ при ихъ соединеніи было бы настоящимъ чудомъ, т.-е. совершенно необъяснимымъ мистическимъ явленіемъ безъ этого термохимическаго объясненія. Но если такова тѣсная причинная связь между этими двумя явленіями, то, конечно,