

В. Анри

**Изучение поглощения
ультрафиолетовых и
инфракрасных лучей в связи
с строением молекул**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
В11

В11 **В. Анри**
Изучение поглощения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в связи
с строением молекул / В. Анри – М.: Книга по Требованию, 2021. – 218 с.

ISBN 978-5-458-57534-8

ISBN 978-5-458-57534-8

© 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Изучение поглощения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в связи с строением молекул.

Виктора Анри.

Предисловие.

Existere nihil aliud esse, quam
harmonium esse. —

Leibnitz, 1675.

В 1907 году мною были предприняты первые работы по фотохимии; число намеченных задач быстро разрослось и, благодаря возможности, кроме лаборатории в Сорбонне, работать также в Пастеровском Институте и на заводе Вестингауза, изготовляющем кварцевые лампы в Париже, был начат целый ряд работ над физическими, химическими и биологическими действиями ультрафиолетовых лучей, а также над техническими приложениями этих лучей для очистки воды, стерилизации молока и т. д., и над изготовлением ртутных ламп различных форм и различной мощности. Все мои сотрудники ¹⁾ были заняты разработкой самых разнообразных вопросов фотофизики, фотохимии и фотобиологии и нами был накоплен огромный экспериментальный материал. Параллельно с изучением ультрафиолетовых лучей были предприняты работы над инфракрасными лучами и над химическими действиями Рентгеновских лучей. Уже ряд общих законов выделялся из этих работ, и приближалось время, когда возможно было бы синтезировать все эти исследования в одно целое; начато было изучение ассимиляции углекислоты под действием света вне организма растений; предприняты были работы над синтезами ультрафиолетовыми лучами с помощью органоматневых соединений; кроме того общий курс фотохимии и фотофизики был больше чем на $\frac{2}{3}$ написан мною с моим учеником и другом Вюрмсером, когда вспыхнула война, которая сразу совершенно остановила всякую научную работу; мы все были разъединены. Мой ассистент Аденис, которому я обязан в высшей степени точными и трудными ана-

¹⁾ Adenis, Bielecki, Bierry, Boll, M. et M-me Chauchard, Fauré-Frémiet, Gompel, M-me Gruzewska, Hellbronner, M-me V. Henri, Inoué, Landau, Languier des Bancelis, Letellier, M-lle Mazot, Moycho, Ranc, Rebière, de Recklinghausen, Schnitzler, Stodel, Wurmser.

лизами и измерениями, погиб на поле сражения любимый всеми его знавшими; двое из моих сотрудников были тяжело ранены, некоторые отосланы в Салоники, я сам в конце первого года войны приехал в Россию для работ на оборону. В Москве и Петрограде я встретил самый радушный прием; со второго года мне удалось уделять все больше и больше времени опять научной работе и я мог приняться за разработку части того большого матерьяла, накопленного нами и лишь частично разработанного раньше.

Мне особенно приятно выразить здесь мою искреннюю благодарность Петру Петровичу Лазареву за тот теплый прием и за ту широкую возможность работы, которую он мне предоставил в физическом институте Научного Института в Москве.

Создание Оптического и Рентгенологического Институт в Петрограде является, можно надеяться, началом нового периода работ по физике в России, благодаря тем необычайно широким и основательным планам, по которым Дмитрий Сергеевич Рождественский и Абрам Федорович Иоффе разработали задачи и программы работ этих Институт в. Приглашение Дмитрием Сергеевичем Рождественским принять участие в качестве активного сотрудника в Оптическом Институте было для меня особенно приятно; здесь является возможность организовывать работу в таком масштабе и с такими усовершенствованиями, о которых трудно мечтать в других местах, и я выражаю ему здесь мою самую искреннюю признательность.

Работа, которую я теперь печатаю, содержит обработку результатов по изучению поглощения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Отдельные частичные результаты были нами напечатаны в коротких заметках и работах в *Comptes Rendus*, в *Physikalische Zeitschrift*, в *Berichte der deutsch. Chem. Ges.*, но полная сводка еще нигде не была напечатана. При этой разработке нам удалось открыть несколько общих законов, которые наводят на ряд новых работ в этой области и ставят ряд новых задач, разрешением которых мы занимаемся в Оптическом Институте.

Нет никакой возможности выделить, что принадлежит в этой работе отдельным моим сотрудникам. Мы составляли одну большую научную семью, обменивались постоянно советами и мнениями, как в лаборатории так и в продолжительных научных беседах по субботам у Ланжевена и по средам у меня; все это создавало очень живую, полную надежд атмосферу, где каждый работал с увлечением и любовью, припоминая слова Ренана „наука и только наука может дать человечеству то, без чего оно не может жить—символ и закон“.

Петроград, 4-го марта 1919 г.

Глава I.

Общее введение.

§ 1. Взаимоотношение между лучистой энергией и материей.

Изучение взаимоотношений между видимыми и невидимыми лучами и материей составляло с древних времен ту основу, на которой строились теории относительно строения материи с одной стороны, и природы лучей с другой.

В самом конце XVIII столетия и в начале XIX целый ряд физиков и химиков во всех странах были заняты изучением с одной стороны различных свойств тепловых лучей (излучение, поглощение, отражение, поляризация, преломление и т. д.) и с другой стороны химических действий видимых и, открытых в 1801 году Риттером, невидимых ультрафиолетовых лучей. Для тепловых лучей было установлено рядом исследователей (Пикте, Румфордом, Лесли, Фурье ¹⁾ и т. д.), что излучение какимнибудь телом зависит от природы его поверхности и что излучение тепла пропорционально поглощению тепла. Однако большой загадкой являлся знаменитый опыт Румфорда, сделанный в 1802 году и состоящий в том, что если взять два одинаковых медных полированных сосуда, наполнить их горячей водой и одеть на один из них чехол из легкой материи, то одетый сосуд охлаждается гораздо быстрее, чем блестящий не одетый. Также если почернить копытю один из сосудов, то он и скорее охлаждается в холодной комнате и скорее согревается в теплом помещении. Однако мы и до сих пор еще не имеем достаточно полных объяснений этих общих явлений.

¹⁾ Pictet. Essai sur le feu. Paris. 1791

C. de Rumford. Memoire sur la chaleur. Paris. 1804.

Leslie. Recherches expérimentales sur la nature et la propagation de la chaleur. London. 1804.

Fourier. Sur la chaleur rayonnante. Ann. d. chim. 1808.

Опыты Пикте „над отражением холода“ привели Женевского физика Прево ¹⁾ в 1791 году к его общей теории „подвижного равновесия“, согласно которой каждое тело постоянно излучает и поглощает лучистую теплоту, так что постоянство температуры какого-нибудь тела получается от равенства между излученной и поглощенной теплотой.

Лучи теплоты преломляются, отражаются и поляризуются по тем же законам, как и световые, как это показал Берар ²⁾ в 1809 году, и, кроме того, эти лучи не однородны, а зависят от температуры тела, которое их излучает, как это показано было в 1814 году Ла Рошем; а именно, лучи от тела температуры ниже 100 градусов полностью поглощаются тонкой стеклянной пластинкой, тогда как лучи от тела более теплого проходят через стекло и тем легче, чем температура тела выше.

Изучение химических действий света, сделанное Шелем ³⁾ еще в 1774 году над солями серебра, привело его к заключению, что только поглощенные лучи могут вызывать химические реакции; однако после открытия ультрафиолетовых лучей в 1801 году и инфракрасных лучей в 1800 году Гершелем, Вульстен в 1802 году построил теорию, согласно которой солнечный свет представляет из себя совокупность трех различных спектров — теплового, видимого и химического. Только после того как Берар в 1809 году показал, что и тепловые и химические лучи имеют те же свойства, как видимые, и после того как Гроттхус ⁴⁾ в 1818 году доказал, что все лучи спектра могут вызывать химические реакции, а именно: красное тело (роданистое железо) разлагается зелеными лучами, желтое тело (хлористое золото) — синими, зеленое тело (хлорофилл) красными и синее тело (иодистый крахмал) желтыми, стало ясно, что тепловые, видимые и химические лучи представляют из себя один и тот же непрерывный ряд лучей, разнящийся только по длине волны или по частоте колебаний.

Конец XIX столетия, благодаря работам Герца, показал, что электрические лучи суть ничто иное, как такие же лучи с

¹⁾ Prevost. De l'équilibre du feu. Journ. de Phys. 1791.

Prevost. Du calorique rayonnant. Paris 1809.

²⁾ Berard. Memoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil. II. 1809. „Société d'Arcueil“ было замкнутое общество, в котором участвовали Laplace, Berthollet, Biot, Gay-Lussac, A. de Humboldt, Thénard, Decandolle, Collet—Descotils, Malus, Arago, Berard, Chaptal, Dulong и Petit; всего издано было три тома 1807, 1809 и 1817 годов, заключающих ряд классических работ по физике и химии.

³⁾ Scheele. Traité chimique de l'air et du feu. Paris 1774.

⁴⁾ Th. v. Grotthus. Jahresverhandl. d. Kurländisch. Ges. f. Litter. u. Kuns 1, p. 119, 1819; перепечатано в Ostwald's Klassiker № 152, 1906.

очень большой длиной волны, и стало возможным производить лучи, длина волны которых меняется от нескольких километров до двух миллиметров; в то-же время Рубенсу и его сотрудникам удалось продлить инфракрасный спектр до длины волны в $\frac{1}{3}$ миллиметра $= 330.10^4 \text{ \AA}^1$).

Изучение лучей Рентгена и лучей радия показали наконец, за последнее десятилетие, что тут мы имеем дело тоже с лучами, но очень короткими; так, полученные до сих пор лучи Рентгена имеют длину волны от $\frac{1}{1000000}$ до $\frac{1}{200000000}$ миллиметра; лучи— γ радия *B* имеют длину волны от $\frac{1}{100000000}$ до $\frac{1}{150000000}$ миллиметра, а лучи— γ радия *C* длину волны до $\frac{1}{1500\ 000\ 000}$ миллиметра ²⁾.

Одновременно предел ультрафиолетовых лучей все больше и больше передвигается, и самые короткие лучи полученные до сих пор имеют длину волны равную $\frac{1}{24000}$ миллиметра $= 420 \text{ \AA}^3$).

Изучение законов поглощения и дисперсии привело к созданию ряда теорий, согласно которым тела состоят из маленьких частиц—молекул, атомов или электронов—обладающих собственными колебаниями определенной частоты, с которыми резонируют электромагнитные волны.

Законы излучения телами различной температуры и объяснение формы спектра в зависимости от температуры тела привели Планка к созданию теории „единиц энергии“ или квант, величина которых равна $h \cdot \nu$, где h универсальная постоянная равная $6,55 \cdot 10^{-27}$, а ν число колебаний в секунду.

Наконец изменение теплоемкости тел с температурой, особенно при очень низких температурах, было в высшей степени удачно связано Эйнштейном ⁴⁾ с теорией квант: если в одной грамм-молекуле тела мы имеем N молекул числа колебаний ν , то полная энергия при температуре T будет равна

$$E = 3N \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

где $k = \frac{R}{N} = \frac{8,315 \cdot 10^7}{6,06 \cdot 10^{23}} = 1,37 \cdot 10^{-16}$;

следовательно теплоемкость тела C_v равна

¹⁾ Rubens и Baeyer. Sitz. Berlin. Akad. 1913.

²⁾ Rutherford. Philos. Mag. 34, p. 153, 1917. Rutherford, Barnes a. Richardson. Phil. Mag. 30, p. 339, 1916.

³⁾ O. W. Richardson a. Bazzoni. Philos. Mag. 34, p. 285. 1917.

⁴⁾ Einstein. Ann. d. Phys. 22, p. 185, 1907.

$$C_v = \frac{dE}{dT} = 3R \cdot \frac{\frac{\beta_v}{T} \left(\frac{\beta_v}{T} \right)^2}{\left(\frac{\beta_v}{T} - 1 \right)^2}$$

где $\beta = \frac{h}{k} = 4,78 \cdot 10^{-11}$. Таким образом из теплоемкости тела при низких температурах можно вычислить число колебаний молекул ν . Оказалось, что вычисленное по этой формуле число колебаний совпадает очень точно с числом колебаний инфракрасных полос поглощения тела.

Также удалось связать упругие свойства тела, электропроводность, теплопроводность и фотоэлектрический эффект с числом колебаний молекул, атомов или электронов.

Итак изучение отношений лучистой энергии к материи, а главным образом изучение поглощения и излучения тел сделалось связующим звеном между всеми областями физики, позволяющим проникнуть в понимание строения материи.

§ 2. Зависимость между строением атомов и молекул и явлениями излучения и поглощения.

Открытие спектрального анализа Бунзеном и Кирхгофом в 1858 послужило главным толчком к изучению строения спектров различных элементов и к определению связи между строением атомов и спектрами излучения.

Законы распределения спектральных линий в сериях, найденные Бальмером для водорода

$$\nu = B \left(\frac{1}{\tau_1^2} - \frac{1}{\tau_2^2} \right)$$

и Ридбергом для других элементов

$$\nu = B \left(\frac{1}{(\tau_1 + s)^2} - \frac{1}{(\tau_2 + p)^2} \right)$$

где τ_1 и τ_2 целые числа, s и p дроби меньшие единицы и B универсальная константа равная $3,29 \cdot 10^{-15}$ для ν , выражающего число колебаний в секунду, показывали, что атомы состоят из совокупности нескольких элементов, представляющих магнитные свойства. Явление Зеемана дало доказательство, что вибраторами при излучении служат отрицательные электроны. Измерение Рождественским аномальной дисперсии в парах дало возможность определять число вибрирующих электронов в атомах. Законы Мозелея¹⁾ дали распределение линий в Рентгеновском спектре эле-

¹⁾ Moseley. Phil Mag. 26, p. 1024, 1913. 27, p. 703, 1914.

ментов и показали, что это распределение соответствует закону Бальмера с прибавлением еще одного фактора $(N-a)^2$, где N обозначает атомное число, т. е. порядок, занимаемый элементом в таблице Менделеева, и a постоянная, зависящая только от серий и одинаковая для всех тел; так что закон Мозеля соответствует формуле:

$$\nu = B \left(\frac{1}{\tau_1^2} - \frac{1}{\tau_2^2} \right) (N-a)^2$$

напр. для линий K_α $\tau_1 = 1$, $\tau_2 = 2$, для линий K_β $\tau_1 = 1$, $\tau_2 = 3$, для линий L_α $\tau_1 = 2$, $\tau_2 = 3$ и для линий L_β $\tau_1 = 2$, $\tau_2 = 4$.

Все эти результаты были объединены одной общей теорией строения атомов, построенной в 1913 году Б о р о м; согласно этой теории атом представляет из себя центральное ядро, имеющее массу почти равную атому и заряженную положительно; заряд ядра равен Ne , т. е. для водорода e , для гелия $2e$, для лития $3e$, для углерода $6e$, для азота $7e$, для кислорода $8e$, для ртути $80e$... для урана $92e$. Вокруг этого ядра вращаются отрицательные электроны, число которых равно N ; эти электроны расположены по кольцам различных радиусов, причем максимальное число электронов в одном кольце равно 8. Движение электронов происходит по закону сохранения площадей и момент количества движения равен $\tau \frac{h}{2\pi}$, где τ целое число и h постоянная П л а н к а. Электроны одного кольца могут иметь несколько устойчивых орбит, соответствующих различным значениям $\tau = 1, 2, 3, \dots$. При переходе электрона с одной орбиты на другую происходит излучение, и количество излученной энергии равно одному кванту $h\nu$. Теория эта, как видно, очень искусственна, но результаты вычислений, полученных по ней, замечательны. Действительно, вычисляя количество энергии, потерянной при переходе с орбиты τ_2 на орбиту τ_1 , и выражая, что это количество энергии равно $h\nu$, получается для числа колебаний линии излучения значение:

$$\nu = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3} \left(\frac{1}{\tau_1^2} - \frac{1}{\tau_2^2} \right),$$

то есть закон Б а л ь м е р а, причем константа B равна $\frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3}$, где e заряд электрона, m его масса и $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$; подставляя значение e и m получается $3,26 \cdot 10^{15}$, тогда как константа Б а л ь м е р а равна $3,29 \cdot 10^{15}$, совпадение полное. Эта теория Б о р а ¹⁾ позволила также вычислить энергию ионизации газов, скорость катодных лучей, необходимую, чтобы вызвать линии K Рентгеновского

¹⁾ Bohr. Philos. Mag. 26, p. 1, 1913. 26, p. 476, 1913. 26, p. 857, 1913. 27, p. 506. 1914. 30, p. 394, 1916.

спектра, энергию необходимую, чтобы разложить молекулу водорода на два атома водорода, наконец теплоемкость водорода при низких температурах, и во всех этих случаях совпадения с наблюдениями получились замечательные; так напр. ионизация водорода соответствует 13 вольтам, а наблюдения Дж. Дж. Томсона ¹⁾ дают 11 вольт; скорость катодных лучей для линии *K* вычисляется $= 2,1 \cdot 10^8 \cdot N$ см, а Виддингтон ²⁾ получил $2 \cdot 10^8 \cdot N$; теплота соединения двух атомов водорода, образующих молекулу, вычисляется в 60000 калорий, а опыты Лангмюра ³⁾ дали 73000 кал.; значение ν , позволяющее вычислить теплоемкость водорода при низких температурах, получается по теории Бора равным $10,59 \cdot 10^{12}$, а опыты Эйкена дали $9,3 \cdot 10^{12}$, как это было показано Крюгером ⁴⁾.

Зоммерфельд ⁵⁾ несколько изменил теорию Бора предположив, что электроны вращаются по эллиптическим орбитам, и нашел, что число колебаний получается равным

$$\nu = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3} \left(\frac{1 - \epsilon_1^2}{\tau_1^2} - \frac{1 - \epsilon_2^2}{\tau_2^2} \right),$$

где ϵ_1 и ϵ_2 выражают эксцентricность эллипсоидальных орбит τ_1 и τ_2 ; формула эта подобна закону Ридберга. Эта теория позволила Зоммерфельду объяснить строение самих линий, получение дублетов и триплетов и строение линий различных серий Рентгеновского спектра; результаты вычислений вполне совпадают с наблюдениями.

Вегард ⁶⁾ вывел из теории Бора законы распределения линий в Рентгеновском спектре элементов и получил для серий *K*, *L*, *I*, *M* полное совпадение с наблюдениями Мозелея, Зигбана и др.

Эпштейн ⁷⁾ вывел из той-же теории скорость лучей β для различных радиоактивных элементов и получил замечательное совпадение с измерениями Даниша, Рутсерфорда, Байера и др.

Наконец Дебай ⁸⁾ пользуясь моделью атома Бора вычислил дисперсию водорода и нашел для показателя преломления *n* значение

¹⁾ J. J. Thomson. Phil. Mag. 24, p. 218, 1912.

²⁾ Whiddington. Proc. Roy. Soc. A. 85, p. 323, 1911.

³⁾ Langmuir. Phil. Mag. 27, p. 188, 1914.

⁴⁾ F. Krüger. Ann. d. Phys. 50, p. 346, 1916. 51, p. 450, 1916.

⁵⁾ A. Sommerfeld. Ann. d. Phys. 51, p. 1, 1916. 51, p. 125. 1916.

⁶⁾ L. Vegard. Phil. Mag. 35, p. 293, 1918.

⁷⁾ Epstein. Phys. Zeitsch. 17, p. 313, 1916.

⁸⁾ P. Debye. Die Konstitution des Wasserstoffmoleküls. Sitz. Ber. München. 1915, p. 1.

$$n = 1 + 1,58 \cdot 10^{-4} + 3,55 \cdot 10^{-37} \cdot \nu^2,$$

тогда как опыты Коха дают:

$$n = 1 + 1,36 \cdot 10^{-4} + 2,908 \cdot 10^{-37} \cdot \nu^2;$$

совпадение можно считать вполне удовлетворительным.

Итак мы видим, что целый ряд различных свойств атомов можно связать с законами распределения спектральных линий и вывести ряд важных заключений относительно строения атомов.

Относительно строения молекул вопрос гораздо сложнее, но и тут уже намечаются пути, по которым мы должны придти к разрешению этого трудного вопроса.

Исследования Деландра относительно распределения узких полос в полосатчатых спектрах излучения и поглощения привели его к закону:

$$\nu = A + B\tau_1 + C\tau_1^2 + D\tau_2^2,$$

где A, B, C, D различные константы, τ_1 ряд целых чисел, дающих распределение полос внутри одной серии, и τ_2 ряд целых чисел, дающих распределение различных серий в спектре. До сих пор этот закон является чисто эмпирическим и константы A, B, C, D не связаны с другими физическими величинами; но уже имеются указания, что эти константы должны быть связаны с инфракрасными полосами поглощения, а следовательно и с теплоемкостью тела; в этом направлении предстоит еще большая плодотворная работа.

В непосредственной связи с этими работами стоят изучения спектров поглощения инфракрасных и ультрафиолетовых лучей газообразными, жидкими и твердыми телами. Спектры поглощения должны быть измерены количественно, а не качественно, как это обыкновенно делалось со времен Гартлея; систематические измерения спектров поглощения рядов органических тел были предприняты нами в 1910 году и сводка полученных результатов будет дана в следующих главах. Четыре общих результата получены нами:

- 1) Чем меньше устойчивость молекул, тем сильнее они поглощают ультрафиолетовые лучи;
- 2) Между частотами ультрафиолетовых и инфракрасных полос поглощения существует определенная связь; отношения этих частот равны целым числам;
- 3) Когда в молекуле находятся две поглощающие атомные группы, то ультрафиолетовые полосы перемещаются, частоты их уменьшаются; это уменьшение частоты тем сильнее, чем ближе находятся в молекуле обе группы, и это уменьшение равно целому кратному частоты инфракрасной полосы.

4) Ультрафиолетовый спектр поглощения данного тела может быть вычислен с большою точностью по химической формуле строения молекул.

Другая группа исследований, которые позволят проникнуть в строение молекул, это работы над дифракцией Рентгеновских лучей твердыми и жидкими телами по методам Лауэ, Бреггов и особенно Дебая и Шеррера ¹⁾. Методы эти позволяют измерять расстояние отдельных групп атомов в молекулах и дают фигуру распределения атомов; уже для бензола опыты показали, что молекула имеет форму шестиугольника, длина сторон которого равна $6,2 \cdot 10^{-8}$ см. Мы стоим здесь накануне полного преобразования всей органической химии.

В очень близкой связи с этими исследованиями находятся изучения двойного преломления света жидкими телами в электрическом и в магнитном полях; эти работы дают непосредственно измерение электрического и магнитного моментов молекул и позволяют определять элементы симметрии молекул.

Наконец изучение устойчивости молекул, которое определяется измерениями энергии при различных фотохимических реакциях, позволяет нам судить о тех силах, которые связывают между собой различные атомы или группы атомов в молекулах.

Только после группировки и сопоставления результатов, полученных в этих различных исследованиях, можно будет построить прочную теорию относительно строения молекул; мы находимся в периоде, когда близится время возможности синтезировать все отдельные результаты в одно стройное целое учение о молекулах.

§ 3. Действие лучистой энергии на материю. Законы фотохимии.

Лучи, падая на какое-нибудь тело, могут вызвать целый ряд различных явлений: резонанс, флюоресценцию, фосфоресценцию, ионизацию, химические превращения молекул и наконец их распад на группы атомов и на атомы. Изучение всех этих превращений лучистой энергии или в лучи другой частоты или в тепловую энергию или наконец в химическую позволяет проникнуть в интимное строение молекул и атомов и приведет к полному пониманию тех молекулярных, атомных и электронных взаимодействий и перемещений, которые происходят при химических реакциях. Но еще до сих пор мы находимся в предварительной стадии исследований; мы, напр., совершенно не знаем, откуда берется то большое количество энергии, которая выделяется при соединении

¹⁾ Debye u. Scherrer. Physik. Zeit. 17, p. 277, 1916. 18, p. 291, 1917, Akad. Göttingen 1916.