

Из критикъ химическихъ воззрѣний.

Вильгельмъ Оствальдъ.

Соединенія и Элементы.

ФАРАДЕЕВСКАЯ ЛЕКЦІЯ

прочитанная въ аудиторіи Королевскаго
Института въ Лондонѣ 19 апр. 1904 г.

Перев. съ нѣмецкаго

съ разрѣш. автора

Евг. Троповскаго.

Изд-во „AD ASTRA“ СІЕН. 1909.

◇ ◇ ИЗДАТЕЛЬСТВО „АД АСТРА“ С. ПЕТЕРБУРГ. ◇ ◇

Главная агентура: Мытнинская набар. 9. Типография Буссель.

Библиотека „Молодой Польши“.

под редакціей Гв. Троповскаго

ВЫШЛИ В СВѢТЪ:

Вып. 1-й: Станислав Пшибышевскій.

УЗЫ.

Драматическая поэма в 3-х дѣйствіях

Перевод Евгенія Троповскаго.

Ц. 75 к.

Вып. 2-й: Андрей Немоєвскій.

ПИСЬМА НЕНОРМАЛЬНАГО ЧЕЛОВѢКА.

Перев. Маріи Троповской.

Ц. 80 к.

Вып. 3-й: Юрій Жулавскій.

РАЗСКАЗЫ и СТИХОТВОРЕНІЯ В ПРОЗѢ.

Перевод Евг. и М. Троповских.

Ц. 1 руб.

Вып. 4—5: Стефан Жеромскій.

СОБРАНІЕ СОЧИНЕНІЙ. тт. 1—2-я.

БЕЗДОМНЫЕ.

Роман в 2-х частях. Перев. М. Троповской.

Цѣна за оба тома 1 руб. 60 коп.

Вып. 6-й: Стефан Жеромскій.

СОБРАНІЕ СОЧИНЕНІЙ. т. 3-я.

РАЗСКАЗЫ.

Перев. Евг. и М. Троповских.

Ц. 1 руб.

Вып. 7—9-й: Стефан Жеромскій.

СОБРАНІЕ СОЧИНЕНІЙ. тт. 4—6-я.

ИСТОРИЯ ГРѢХА.

Роман в 3-х частях. Перев. Евг. Троповскаго.

Цѣна за всѣ 3 т.—2 р. 40 к.

Марія Конопницкая. РАЗСКАЗЫ.

(Содержаніе: Картинки из тюремной жизни.—Со взлсом.—У источника.—Іактон.—Милосердіе общины.—Наша лошадка.
Авторизов. перев. Маріи Троповской. Ц. 1 р.

Открыта подписка на новое издание:

„МІР И ЧЕЛОВѢК“

круг чтенія для самообразованія.

— Д В Ъ Ч А С Т И . —

(Свыше 1000 страницъ текста, со многими рисунками и чертежами).

СОДЕРЖАНІЕ:

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ:

1. С. Крамштык: Мір, его происхожденіе и развитіе.
2. В. Налловскій: Происхожденіе и развитіе земли.
3. І. Нуссбаум: Возникновеніе жизни на землѣ.
4. І. Эйсмодт: Родословная животнаго царства.
5. Л. Крживицкій: Антропологическое развитіе человѣка.
6. Л. Крживицкій: Развитіе культуры.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ:

1. Л. Крживицкій: Развитіе хозяйственныхъ отношеній у человѣка.
2. Л. Крживицкій: Развитіе социальныхъ отношеній у животныхъ и человѣка.
3. А. Марбургъ и І. Кодя: Развитіе психической жизни человѣка.
4. Л. Крживицкій: Развитіе нравственности.
5. Н. Крауз: Развитіе искусства.

Переводъ съ польскаго под ред. Евг. Троповскаго.

Биологическая часть под ред.

прив. доц. СПБ Университета А. Г. Геннеля.

Книга издана варшавской группой для содѣйствія домашнему чтенію и самообразованію, под редакціей: А. Гефлиха, С. Михальскаго и Л. Крживицкаго; одобрена для перевода на русскій языкъ Московской Коммиссіей по организаціи домашняго чтенія.

„МІР И ЧЕЛОВѢК“ будетъ выходить въ свѣтъ отдѣльными выпусками, размѣромъ въ 1 печатный листъ, которые составятъ по окончаніи изданія книгу въ 2 большихъ тома по 500 страницъ въ каждомъ, со многими рисунками и чертежами въ текстѣ. Всего выпусковъ будетъ 63—65. Первый выпускъ выйдетъ въ Мартѣ 1909 г. и будетъ разсылаться всѣмъ желающимъ ознакомиться съ изданіемъ за одну 10-копеечную *сберегательную* марку.

Цѣна за все изданіе по подпискѣ безъ доставки 4 рубля, съ доставкой и пересылкой во всѣ города Россіи—5 руб. *Допускается разсрочка:* 1 рубль при подпискѣ и по 1 рублю послѣ полученія 5-го, 15-го, 25-го и (для подписчиковъ съ пересылкой) 35-го выпусковъ. Остальные по уплатѣ послѣдняго взноса высылаются бесплатно. Цѣна отдѣльнаго выпуска 10 к. Всѣ взносы могутъ присылаться сберегательными (но не почтовыми или гербовыми) марками.

Подписка принимается въ С.-Петербургѣ въ агентствахъ издательства:

1) Петербургская стор., Мытнинская наб. 9, типографія Бусселя; телсф. 211—21 (Главная агентура, для личныхъ сношеній и корреспонденціи).

2) Отдѣленіе той же типографіи: Невскій пр., 88.

3) Отдѣленіе той же типографіи: Садовая, 61,

а также во многихъ книжныхъ магазинахъ и у агентвъ.

Книжные магазины и агенты, доставляющіе издательству подписку, удерживаютъ 50 л. с каждой подписки въ комиссію и пересылку денегъ.

Адресъ для корреспонденціи и денежныхъ переводовъ:

СПБ. Мытнинская наб. 9., Типографія Бусселя, Е. Н. Троповскому.

СКЛАД ИЗДАНІЯ:
Книгоиздательство „ОСВОБОЖДЕНІЕ“

СПБ., Невскій, 92. Телеф. 48-48.

Къ критикѣ химическихъ воззрѣній.

Соединенія и Элементы.

ФАРАДЕЕВСКАЯ ЛЕКЦІЯ

Проф. ВИЛЬГЕЛЬМА ОСТВАЛЬДА,

прочитанная въ аудиторіи Королевскаго
Института въ Лондонѣ 19 апр. 1904 г.

Перев. съ нѣмецкаго

съ разрѣш. автора

Евг. Троповскаго.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1909.

Гип. Бусова.
Минский наб. 9.



Съ глубокимъ волненіемъ обращаюсь я къ Вамъ со своей рѣчью. На мою долю выпала честь говорить передъ слушателями, въ числѣ коихъ находятся люди, которыхъ я съ давнихъ поръ привыкъ уважать, какъ своихъ учителей, въ которыхъ я привыкъ видѣть примѣръ для подражанія въ нашей общей работѣ на пользу науки. Но еще съ большимъ волненіемъ, чѣмъ о настоящемъ, сколь ни блистательно оно, думаю я о прошломъ, связанномъ съ этимъ мѣстомъ. Когда, еще не такъ давно, я имѣлъ обыкновеніе чуть не каждый день искать въ трудахъ Фарадея вдохновенія и поощренія въ своихъ собственныхъ усиліяхъ и попыткахъ, могли ли я мечтать, что когда-нибудь я буду удостоенъ счастья, хоть въ теченіе одного короткаго часа, говорить съ того самаго мѣста, съ котораго онъ, обыкновенно, впервые сообщалъ ученому міру результаты своихъ неутомимыхъ трудовъ, своей неостанавливающейся ни передъ какими трудностями пытливости, а главное—своей непоколебимой, часто во вредъ самому себѣ непоколебимой, любви къ истинѣ.

Мнѣ, какъ эпигову, остается лишь, поскольку я въ силахъ, проникнуться духомъ учителя и прибавить свою, почерпнутую изъ этого дуга, скромную лепту къ великому зданію науки. Тутъ, однако, возникаетъ новое затрудненіе: какой предметъ избрать мнѣ темой для своей рѣчи? Въ какой бы уголокъ своей научной области я ни направилъ свой взоръ, вездѣ я нахожу слѣды Фарадея. Объ электрохиміи говорить мнѣ не приходится; кажется, ни одно слово научнаго лексикона не было мною устно и письменно по-

второе чаще, нежели слово „ионъ“, которое въ этомъ залѣ было впервые употреблено въ его современномъ значеніи. Въ другихъ проблемахъ, которымъ я посвящалъ свои труды, я точно такъ же встрѣчаюсь съ его счастливою рукой и проникательнымъ взоромъ. Явленія каталнза, изслѣдованіемъ которыхъ я занимался въ теченіе послѣдняго десятилѣтія, въ его рукахъ и въ той области, въ которой онъ ихъ изучалъ, обнажились отъ тумана таинственности и непонятности, которымъ они были окутаны, и приобрѣли болѣе заманчивое для естествоиспытателя обаяніе доступной серьезному изслѣдованію проблемы. Если же вспомнить еще объ одномъ вопросѣ, который поглотилъ большую часть моихъ научныхъ усилій, вопросѣ о самой энергіи, то въ лицѣ нашего глубокоуважаемаго Учителя я вижу человѣка, пролагающаго новые пути—перваго, который сталъ руководствоваться въ своихъ экспериментальныхъ работахъ идеей сохраненія и взаимнаго превращенія различныхъ видовъ энергіи.

Это одна изъ сторонъ дѣятельности Фарадея, на которую, пожалуй, меньше обращали вниманія, чѣмъ она того заслуживаетъ. Хотя, безспорно, рѣшающій шагъ,—доказательство количественной пропорциональности между исчезающими и возникающими формамъ энергіи, былъ сдѣланъ позднѣе Майеромъ и Джоулемъ, однако практическое представленіе объ этихъ соотношеніяхъ несомнѣнно было присутствіе Фарадею. Большая разница между интуитивнымъ проникновеніемъ въ сущность какой-нибудь научной истины, которымъ открывшій ее изслѣдователь можетъ довольствоваться въ своихъ трудахъ, и развитіемъ той же идеи, необходимымъ для успешной передачи ея другимъ. Какъ и въ другихъ случаяхъ,—напомню хотя бы ставшую для всѣхъ избитою привычною идею о линіяхъ силъ,—Фарадей ограничился здѣсь лишь первою ступенію. Что онъ, однако, достигъ этой первой ступени и что онъ сознательно и правильно пользовался ею въ своихъ работахъ, вытекаетъ съ полной несомнѣнностью изъ его многочисленныхъ замѣтокъ, которыя сохранились для насъ за весь періодъ его жизни, начиная съ первыхъ лѣтъ его самостоятельной научной мысли. Болѣе же

глубокое изученіе его замѣтокъ и плановъ его работъ, убѣждаетъ насъ въ томъ, что Фарадей дѣйствительно съ тѣхъ поръ, какъ сталъ самостоятеленъ въ своемъ научномъ мышленіи, всегда искалъ отвѣта на одинъ вопросъ: какимъ образомъ можно данную „силу“ превратить въ другую опредѣленную силу? Самые послѣдніе, оставшіеся безрезультатными, опыты перевести силу тяготѣнія непосредственно въ электрическія или магнитныя явленія, вытекали изъ той же основной мысли.

Вотъ почему, желая слѣдовать по стопамъ Ученнаго, я держался самой ранней изъ интересовавшихъ его проблемъ. Еще прежде, чѣмъ онъ сталъ читать лекціи въ Королевскомъ Институтѣ, онъ, имѣя 25 лѣтъ отъ роду, началъ свои первые опыты въ лекторскомъ искусствѣ, которые впоследствии такъ много дали человечеству, въ небольшомъ кружкѣ „City Philosophical Society“, гдѣ онъ читалъ курсъ химіи. Свою шестнадцатую лекцію, послѣ описанія металловъ, онъ заканчиваетъ слѣдующими общими заключеніями:

„Разложить металлы, измѣнить ихъ и превратить одинъ въ другой, и такимъ образомъ осуществить казавшуюся некогда абсурдной идею превратимости веществъ,—вотъ задача, которую предстоитъ теперь рѣшить химику. Не опасайтесь трудностей задачи, а лучше поищите средства обойти ихъ: все можетъ быть достигнуто энергіей и упорствомъ“.

И затѣмъ, описывая, какъ съ теченіемъ времени способы выдѣленія металловъ изъ ихъ соединеній становились все совершеннѣе, онъ упоминаетъ о хорошо еще памятныхъ въ то время недавнихъ открытіяхъ своего великаго учителя, Дэви, въ слѣдующихъ словахъ:

„Обратите, наконецъ, вниманіе на новыя необычайныя силы, которыя одинъ изъ химиковъ, нашъ же соотечественникъ, съ такимъ успѣхомъ примѣнялъ къ возстановленію щелочей и земель, и вы не будете больше сомнѣваться въ томъ, что могутъ существовать средства еще болѣе совершенныя, болѣе сильныя, которыя будучи примѣнены въ какой-нибудь благопріятный моментъ преобразуютъ въ наши руки новыя вещества, составляющія основу самихъ металловъ“.

Если, желая слѣдовать въ томъ же направленіи, я избираю предметомъ нашихъ разсужденій вопросъ о природѣ химическихъ элементовъ и соединений, то и въ этой попыткѣ я не являюсь первымъ. Кажется, я не ошибаюсь, вспоминая, что естественспытатель, которому впервые надолго выпала честь читать лекціи въ память Фарадея, Жанъ-Баптистъ Дюма, 30 лѣтъ тому назадъ говорилъ о томъ же предметѣ. Тѣмъ не менѣе я не опасуюсь подобнаго повторенія; каждое поколѣніе изслѣдователей должно каждый разъ снова высказываться по этому основному вопросу нашей науки. И по мѣрѣ того, какъ это происходитъ, движется самъ собою впередъ прогрессъ. Фарадей находился еще подъ вліяніемъ великихъ открытій Дэви, и прогрессъ представлялся ему въ соответственной формѣ. Дюма, въ свою очередь, считалъ величайшимъ приобретеніемъ своего времени систематику органической химіи, какъ она выразилась въ ученіи о гомологическихъ рядахъ; поэтому химическіе элементы казались ему аналогичными углеводороднымъ радикаламъ и онъ пытался соединить сходные элементы въ такіе же ряды, въ которыхъ атомные вѣса возрастали бы на одну и ту же величину. Какъ извѣстно, эти попытки привели, въ концѣ концовъ, къ замѣчательному обобщенію, которымъ мы обязаны Ньюландсу, Лотарю Мейеру и Менделѣеву, и хотя задачи разложенія элементовъ онѣ не рѣшили, тѣмъ не менѣе онѣ вошли могущественнымъ факторомъ въ общій процессъ развитія науки.

Каковъ же, спрашивается, тотъ кругъ идей, изъ котораго современный химикъ станетъ черпать новыя формы для объясненія стараго вопроса? У физиковъ готовый отвѣтъ тутъ же подъ рукой: старые строятъ элементы согласно принципамъ механики и изъ атомовъ какой-то первичной матеріи, новые исходятъ для объясненія этого понятія изъ принциповъ электростатики и динамики. Химики (или, по крайней мѣрѣ, нѣкоторые изъ нихъ) будутъ слѣдить за ихъ усиліями, правда, съ полнымъ уваженіемъ, однако, не безъ нѣкотораго недовѣрія, такъ какъ опытъ не одного столѣтія показалъ имъ, что заимствованныя изъ другихъ наукъ ги-

потезы всегда послѣ долгаго или короткаго промежутка времени, оказывались недостаточными. Онѣ могли, правда, хорошо выражать пѣкоторыя стороны явленій, оставляя, однако, безъ вниманія другія стороны, не менѣ важныя для химика и, въ концѣ концовъ, не разрешали химической проблемы. Отсюда вытекаетъ правило, что для нашей работы слѣдуетъ пользоваться лишь химическимъ матеріаломъ, и этому правилу намѣренъ сегодня слѣдовать я.

Подобно тому, какъ Дюма для своей цѣли запросилъ химію своего времени важнѣйшихъ ея результатахъ, я долженъ сдѣлать то же самое съ химіей моего времени. Въ чемъ, напримѣръ, состоитъ важнѣйшее общее пріобрѣтеніе нашей науки за послѣднее время! Я не колеблюсь отвѣтить: въ развитіи химической динамики, т. е. въ ученіи о теченіи химическихъ явленій и о химическомъ равновѣсіи. Что же можетъ сказать химическая динамика по поводу нашей старой проблемы—о природѣ химическихъ элементовъ?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ звучитъ довольно невѣроятно для многихъ, и для того, чтобъ подчеркнуть важное значеніе, какое я придаю изслѣдованію поставленнаго вопроса, я напередъ скажу Вамъ результатъ: Химическая динамика даетъ возможность вывести основные стехіометрическія законы, т. е. законъ постоянныхъ отношеній, законъ кратныхъ отношеній и законъ химическихъ эквивалентовъ, безъ какихъ-либо постороннихъ предположеній. Другими словами: химическая динамика можетъ дать намъ то же, чего мы до сихъ поръ достигли съ помощью представленій, даваемыхъ атомистической теоріей. Въ этомъ отношеніи она сдѣлала атомистическую теорію совершенно не необходимой.

Я знаю, Господа, что высказывая подобное утвержденіе, я становлюсь на довольно опасную почву. Немного изъ Васъ найдется такихъ, кто не отвѣтилъ бы мнѣ, что онъ вполне доволенъ атомами и не чувствуетъ ни малѣйшей потребности замѣнить это понятіе какимъ-нибудь другимъ. Я не

могу также не помнить, что въ этой самой странѣ, почти какъ разъ сто лѣтъ тому назадъ, впервые явилось на свѣтъ современное ученіе объ атомахъ и многіе изъ васъ еще очень недавно принимали участіе въ празднованіи столѣтней годовщины атомистической теоріи, причемъ лишній разъ представили себѣ во всемъ величій громадныя успѣхи, какіе сдѣлала наша наука, опираясь на эту теорію. Въ виду всего этого, мнѣ приходится требовать отъ Васъ не мало объективности. Однако, господа, я ни минуты не колебался представить Вамъ плоды своихъ трудовъ, такъ какъ съ одной стороны я питаю глубокую увѣренность, что въ Вашемъ кругу встрѣчу полное научное безпристрастіе, свободное отъ всякихъ предубѣжденій; съ другой же стороны, я радъ возможности изложить свои мысли, прежде всего, передъ людьми, со стороны которыхъ могу ожидать самой строгой критики ихъ правильности и значенія. Если онѣ никуда не годны, то здѣсь онѣ скорѣе всего будутъ осуждены на забвеніе, прежде, чѣмъ успѣютъ причинить вредъ. Если же въ нихъ скрывается крупица правды, то здѣсь она, вѣрнѣе всего, будетъ очищена отъ негодной и лишней шелухи и скорѣе всего приметъ форму, въ которой сможетъ надолго быть полезной для науки.

Итакъ—къ дѣлу.

Первое понятіе, изъ котораго намъ придется исходить, это понятіе равновѣсія. Первоначально это слово примѣнялось по отношенію къ извѣстному положенію вѣсовъ, когда къ обоимъ плечамъ привѣшены грузы равнаго вѣса. Впослѣдствіи его стали примѣнять ко всякаго рода силамъ, подразумѣвая подъ нимъ то состояніе, когда приложенныя силы не вызываютъ въ результатъ никакого движенія. Въ химіи значеніе его было еще болѣе расширено, такъ какъ результатомъ, такъ называемыхъ, химическихъ силъ, являются обыкновенно не движенія, а вообще какое-нибудь измѣненіе въ свойствахъ тѣлъ; такимъ путемъ мы приходимъ къ самому общему опредѣленію: равновѣсіемъ называется состояніе, не зависящее отъ времени.

Для того, чтобъ подобное состояніе могло имѣть мѣсто, необходимо прежде всего, чтобы температура и давленіе оставались постоянными; тогда ни объемъ, ни энтропія тѣла не подвергаются никакимъ измѣненіямъ. И вотъ, необходимо обратить вниманіе на замѣчательный законъ природы, что подобное, не зависящее отъ времени, состояніе можетъ сохраняться лишь тогда, когда во всѣхъ мѣстахъ разсматриваемаго тѣла присущія ему свойства имѣютъ одно и то же количественное значеніе. Такоетѣло мы называемъ физически однороднымъ или гомогеннымъ. Неоднородныя тѣла, какъ, напр., растворъ, концентрація котораго въ различныхъ мѣстахъ различна, или смѣсь газовъ, составъ которой тоже въ различныхъ мѣстахъ не одинаковъ, могутъ имѣть лишь преходящее существованіе или самопроизвольно переходятъ въ состояніе однородности. Въ дальнѣйшихъ своихъ разсужденіяхъ мы будемъ имѣть въ виду именно подобныя состоянія и будемъ имѣть дѣло съ тѣлами и системами, находящимися въ равновѣсіи и потому однородными.

А вотъ, напримѣръ, — возразить мнѣ, — въ одномъ и томъ же закрытомъ пространствѣ жидкая вода и водяной паръ могутъ, какъ угодно, долго оставаться въ равновѣсіи рядомъ другъ съ другомъ, между тѣмъ, какъ подобная система, вѣдь, вовсе не однородна, а состоитъ изъ двухъ разнородныхъ (гетерогенныхъ) частей: воды и пара. Тутъ является намъ на помощь новое понятіе — фазы, которымъ мы обязаны Вилларду Гиббсу (Willard Gibbs).

Подобныя сложныя системы состоятъ, находясь въ состояніи равновѣсія, изъ конечнаго числа составныхъ частей, изъ которыхъ каждая въ отдѣльности удовлетворяетъ условіямъ однородности. При этомъ давленіе и температуры остаются во всѣхъ частяхъ одинаковы, удѣльный же объемъ и удѣльная энтропія различны въ различныхъ частяхъ. Каждая изъ этихъ частей, на всемъ протяженіи которой какое-нибудь изъ этихъ индивидуальныхъ свойствъ сохраняетъ одну и ту же величину, и называется фазой. При этомъ и такія части считаются одной фазой, которыя хотя и

раздѣлены между собою пространственно, однако, обладаютъ однимъ и тѣми же специфическими свойствами. Такъ, напримѣръ, масляные шарики въ молоко, хотя ихъ въ одномъ стаканѣ этой жидкости заключаются цѣлые миллионы, составляютъ все-таки лишь одну фазу рядомъ съ воднымъ растворомъ казенна и молочнаго сахара, составляющихъ другую фазу.

Всякая система, состоящая лишь изъ одной фазы, обладаетъ двумя независимо-перемѣтными свойствами (степенями свободы). Это положеніе справедливо лишь при томъ условіи, когда на всю систему, кромѣ термической энергіи и энергіи объема, не дѣйствуетъ никакая другая форма энергіи, такъ что вліяніе силы тяготѣнія, электричества, поверхностнаго натяженія и т. п. мы оставляемъ внѣ нашего вниманія. Оно напоминаетъ намъ знаменитую формулу В. Гиббса, извѣстную подъ названіемъ правилъ фазъ, отличается, однако, отъ нея тѣмъ, что на число, такъ называемыхъ, составныхъ частей, здѣсь не обращено никакого вниманія. Въ действительности, это положеніе справедливо какъ по отношенію къ какому-нибудь химическому элементу, напр., кислороду въ самомъ чистомъ состояніи, такъ и по отношенію къ любой однородной смѣси, — сказать для примѣра — стакану чаю съ ромомъ. До тѣхъ поръ, пока вы допускаете у послѣдняго лишь одну фазу — жидкую, вы можете произвольно мѣнять его состояніе лишь въ двухъ направленіяхъ, напр., давленія и температуры; коль скоро же таковымъ дано опредѣленное значеніе, всякое дальнѣйшее измѣненіе становится невозможнымъ, такъ какъ всякое измѣненіе требуетъ теперь или участія какой-нибудь новой энергіи или образованія новой фазы.

Возможность сохранять подобное тѣло въ состояніи одной только фазы, вообще, ограничена. Когда при данной температурѣ понижаютъ давленіе, то жидкость или твердое тѣло въ концѣ концовъ перейдутъ въ паръ; точно также съ пониженіемъ температуры газы сжимаются, жидкости за-твердѣваютъ.

Такимъ образомъ для каждой системы, состоящей не болѣе, чѣмъ изъ одной фазы, можно отмѣтить на скалахъ давленій и температуръ извѣстныя области, въ предѣлахъ которыхъ данная фаза можетъ сохраняться. Области эти не должны быть непременно съ обѣихъ сторонъ ограничены; такъ, на примѣръ, для газовъ не слѣдуетъ ожидать предѣла въ сторону высокихъ температуръ или низкихъ давленій, точно также для твердыхъ тѣлъ въ сторону низкихъ температуръ и высокихъ давленій. Но въ ту или другую сторону каждая фаза имѣетъ свой предѣлъ и большая часть этихъ предѣловъ уже теперь доступна нашимъ экспериментальнымъ методамъ.

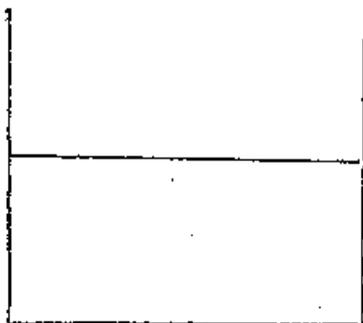
Что же происходитъ на границѣ существованія какой-нибудь фазы? Отвѣтъ очень простой: возникаетъ новая фаза. Такимъ образомъ области существованія различныхъ фазъ, могущихъ образовываться одна изъ другой, граничатъ всюду одна съ другой и пограничныя линіи этихъ областей представляютъ одновременныя высоты температуры и давленія, при которыхъ двѣ фазы могутъ существовать одна рядомъ съ другой.

Такимъ образомъ условіе, чтобы двѣ фазы сохраняли равновѣсіе, одновременно одна рядомъ съ другой, равносильно потерѣ одной степени свободы. Одновременно, однако, возникаетъ новое направленіе измѣняемости или независимая переменная, а именно, отношеніе, въ какомъ одна фаза превращается въ другую. Въ этомъ отношеніи различныя тѣла существенно отличаются другъ отъ друга.

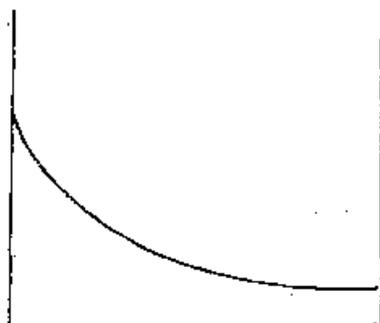
На примѣръ, между тѣмъ какъ въ большинствѣ случаевъ при превращеніи одной фазы въ другую свойства обѣихъ фазъ претерпѣваютъ нѣкоторое постоянное измѣненіе, существуютъ нѣкоторыя тѣла, съ которыми дѣло обстоитъ иначе. Когда мы, на примѣръ, превращаемъ морскую воду въ паръ при постоянной температурѣ, то въ продолженіе этой операціи измѣняется, съ одной стороны, плотность жидкаго остатка тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше мы получаемъ пара, съ другой же стороны измѣняется также паръ, такъ какъ упругость его и плотность становятся все меньше

и меньше. Напротивъ, если мы превращаемъ въ паръ дистиллированную воду, то какъ свойства неиспарившейся еще жидкости, такъ и получающагося пара во все продолженіе операциі остаются неизмѣнными.

Тѣла перваго рода мы называемъ растворами, тѣла второго рода будемъ называть гилотропными тѣлами. Вы спросите, почему мы не называемъ ихъ химическими индивидуумами или субстанціями. Отвѣтъ тотъ, что понятіе гилотропнаго тѣла нѣсколько шире, нежели понятіе химическаго индивидуума. Во всемъ же прочемъ дѣйствительно существеннѣйшій признакъ химическаго индивидуума состоитъ въ томъ, что при превращеніи его изъ одной фазы въ другую во все продолженіе реакціи какъ непревращенная часть, такъ и новая фаза не мѣняютъ своихъ свойствъ. Всѣ признаки, по которымъ мы убѣждаемся въ чистотѣ какого-нибудь вещества, всѣ методы, примѣняемые нами для достиженія этой чистоты сводятся къ этой особенноти, въ чемъ не трудно убѣдиться, прослѣдивъ мысленно нѣкоторые отдѣльные случаи.



Черт. 1.



Черт. 2.

Если мы изобразимъ эти соотношенія въ прямолинейныхъ координатахъ, причемъ за абсциссы примемъ части изслѣдуемаго тѣла, переведенныя уже въ новую фазу, за ординаты же—его независимую переменную (давленіе или температуру), то въ случаѣ гилотропнаго тѣла мы получимъ на чертежѣ горизонтальную прямую (черт. 1). Если же тѣло не гилотропно, то мы получаемъ обыкновенно, правда, непрерывную, однако не горизонтально идущую линію, кото-

рая во всѣхъ остальныхъ отношеніяхъ можетъ принимать весьма разнообразныя формы.

Такъ, напримѣръ, разбавленная сѣрная кислота при превращеніи въ паръ при постоянной температурѣ дастъ для давленій кривую, сходную съ изображенной на чертѣжѣ 2-мъ.

Возьмемъ мы другую температуру, получится подобная же кривая, только лежащая ниже или выше, смотря по тому, какая температура избрана, высшая или низшая. Вполнѣ соответственныя линіи можно получать для температуръ испаренія при постоянномъ давленіи или точекъ кипѣнія, замерзанія и т. п. Въ дальнѣйшемъ мы будемъ разсматривать по большей части переходъ изъ жидкой фазы въ парообразную и наоборотъ, такъ какъ здѣсь соотношенія всего разнообразнѣе, и мы не рискуемъ проглядѣть что-нибудь существенное.

Посмотримъ, какъ измѣняется какой-нибудь растворъ при частичномъ испареніи? Отвѣтъ тотъ, что неиспарившаяся часть должна становиться все менѣе летучей, нежели первоначально взятый растворъ. Если бы дѣло обстояло иначе, то испареніе раствора происходило бы при данной температурѣ или данномъ давленіи мгновенно, со взрывомъ но подобный случай мы должны исключить изъ нашихъ разсужденій, такъ какъ мы разсматриваемъ лишь тѣла въ состояніи равновѣсія.

Кто-нибудь поставитъ, пожалуй, здѣсь упрекъ, что наши разсужденія такимъ образомъ должны распространяться не на случай равновѣсія вообще, а лишь на случай устойчиваго равновѣсія. Въ отвѣтъ на это можно сказать, что случаи неустойчиваго равновѣсія существуютъ лишь какъ математическая абстракція, въ дѣйствительности же никогда не случаются, и потому сами собой исключаются изъ нашего разсмотрѣнія, опирающагося лишь на экспериментальныя основанія. Слѣдуетъ, во всякомъ случаѣ, принять во вниманіе, что въ этомъ смыслѣ гомотропныя системы представляютъ случаи безразличнаго равновѣсія.

Отгонъ же, напротивъ, когда мы переведемъ его

снова въ жидкое состояніе, долженъ быть, конечно, летучѣе первоначальной жидкости. Отсюда слѣдуетъ, что свойства остающейся жидкости и дистиллата (отгона), отнесенныя на диаграммѣ къ ихъ процентному составу, измѣняются во взаимно обратномъ направленіи:

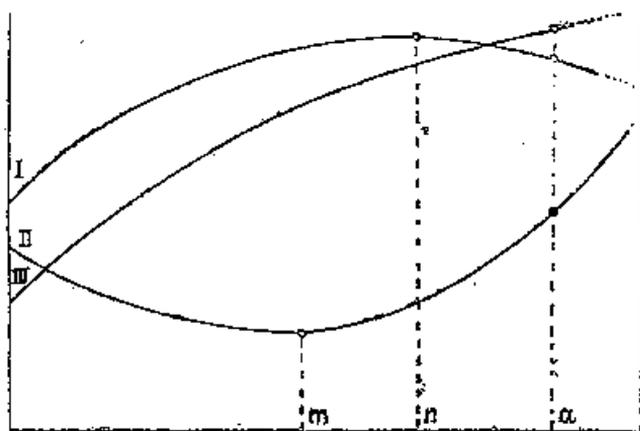
Представимъ себѣ теперь, что процессъ отдѣленія дистиллата отъ остатка въ силу различной летучести продолжается неопредѣленно долго. Возникаетъ тогда вопросъ, къ чему въ концѣ концовъ приведетъ такого рода процессъ. Отвѣтъ на него возможенъ двоякій. Или точка кипѣнія остающейся жидкости будетъ становиться все выше и выше, дистиллата же все ниже и ниже, такъ, что процессъ отдѣленія не будетъ имѣть конца, или, наконецъ, получатся остатки и дистиллаты, летучесть которыхъ сколько бы разъ мы ни стали повторять процессъ, не сможетъ больше ни увеличиваться ни уменьшаться. Первый случай, если держаться экспериментальной почвы, слѣдуетъ исключить, такъ какъ повседневный опытъ учитъ насъ, что ни одно тѣло не даетъ намъ возможности практически увеличивать до бесконечности какое бы то ни было изъ его свойствъ. Остается тогда принять второй отвѣтъ. Но если летучесть дистиллата не можетъ быть измѣняема дальнѣйшимъ дистиллированіемъ, то для этого должно подразумѣваться, что все количество дистиллата дистиллируетъ при постоянной температурѣ, т. е. что передъ нами гилотропное тѣло. То же самое можно сказать объ остаткѣ. Возможно еще также, что при дистиллированіи выдѣлились еще промежуточные продукты точно такъ же съ постоянною температурою кипѣнія; число ихъ, однако, вообще говоря, бываетъ, конечно, и по большей части не велико.

Резюмируя все вышесказанное, мы приходимъ къ слѣдующему результату: Растворы можно всегда разложить на конечное число гилотропныхъ тѣлъ.

Другого рода частый опытъ показываетъ, что изъ этихъ гилотропныхъ тѣлъ можно составлять снова растворы съ прежними свойствами. Нѣтъ еще у насъ, правда, неоспорн-

маго доказательства, что это всегда возможно, и мы должны поэтому отнести свои сужденія лишь къ тѣмъ случаямъ, когда это условіе удовлетворено. Въ каждомъ подобномъ случаѣ существуетъ вполнѣ опредѣленное соотношеніе между свойствами растворовъ и характеромъ и количественнымъ отношеніемъ гилотропныхъ веществъ, на которыя ихъ можно разложить, и изъ которыхъ ихъ можно составить, т. е. каждый растворъ съ опредѣленными свойствами обладаетъ также опредѣленнымъ составомъ.

Мы можемъ, такимъ образомъ, представить свойства какого-нибудь раствора, какъ однозначную функцію его состава. Если мы, простоты ради, ограничимся растворами съ двумя составными частями и станемъ наносить свойства всѣхъ растворовъ, какіе только можно составить изъ этихъ двухъ частей въ произвольно выбранныхъ отношеніяхъ, какъ орди-



ЧЕРТ. 3.

наты, принимая за абсциссы ихъ составъ, то получимъ кривую, которая, какъ показываетъ постоянный опытъ, оказывается всегда непрерывной. Это одинъ изъ частныхъ случаевъ закона непрерывности всѣхъ явленій природы.

Такъ, напримѣръ, точки кипѣнія всѣхъ возможныхъ растворовъ изъ двухъ гилотропныхъ веществъ, могутъ быть представлены непрерывною кривою, которая течетъ отъ точки кипѣнія одного изъ нихъ къ точкѣ кипѣнія другого. Если ограничиться простѣйшими случаями, то для этого теченія

у насъ имѣются кривыя, подобныя изображеннымъ на черт. 3 и обозначеннымъ римскими цифрами I, II, III.

Если взять произвольный растворъ, напримѣръ, отвѣчающій по составу абсциссѣ a , то по теченію кривой мы можемъ сказать заранѣе, что будетъ съ нею происходить при кипѣніи, т. е. при образованіи новой газообразной фазы при данномъ постоянномъ давленіи. Такъ какъ остающаяся жидкость, понятное дѣло, обладаетъ высшей точкой кипѣнія, то составъ ея, конечно, долженъ мѣняться въ ту сторону, въ какую кривая кипѣнія подымается. У II и III это происходитъ вправо, у I—влѣво. Обратное движеніе показываетъ составъ пара.

Если мы обратимся съ подобнымъ же разсужденіемъ къ абсциссѣ m кривой II, или n кривой I, то онѣ не дадутъ никакого опредѣленнаго отвѣта. Такъ какъ точка кипѣнія I в n самая высшая изъ всѣхъ возможныхъ, то она вообще не можетъ больше подыматься, т. е. не существуетъ такого измѣненія, которому бы могъ подвергаться этотъ растворъ. Онъ долженъ, слѣдовательно, обладать свойствомъ гилотропныхъ веществъ: составъ его пара, равно какъ и составъ жидкаго остатка въ теченіе всего процесса парообразованія остается неизмѣннымъ.

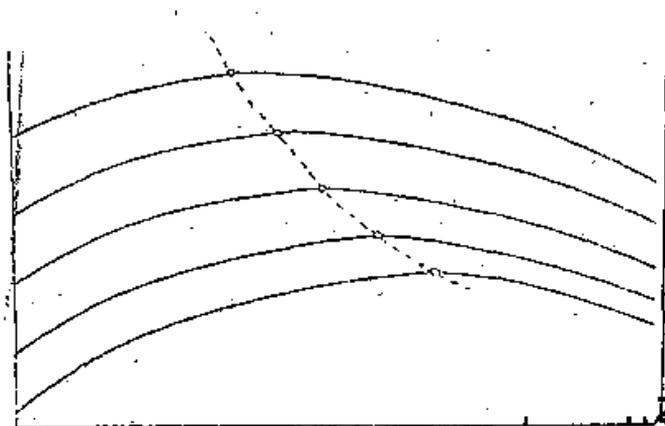
То же самое можно сказать о случаѣ II. Здѣсь растворъ, по составу отвѣчающій абсциссѣ m , обладаетъ самой низшей точкой кипѣнія. Но такъ какъ дистиллатъ долженъ кипѣть всегда при низшей температурѣ, чѣмъ первоначальный растворъ, раствора же изъ данныхъ двухъ веществъ, который кипѣлъ бы при низшей температурѣ, вообще, не существуетъ, то, слѣдовательно, дистиллатъ долженъ обладать тою же точкой кипѣнія, что и растворъ, т. е. и этотъ растворъ обнаруживаетъ свойства гилотропныхъ веществъ. Отсюда мы приходимъ къ общему заключенію, открытому Коноваловымъ и Гиббсомъ (Gibbs), что *максимумъ* или *минимумъ* (крайнее положеніе) точки кипѣнія можетъ принадлежать только гилотропному раствору. То же самое можно сказать объ упругости пара, и нетрудно доказать также, что подобное же положеніе примѣнимо также къ переходу изъ твер-

даго въ жидкое и изъ твердаго въ газообразное состояніе.

Здѣсь мы встрѣчаемся, такимъ образомъ, съ кажущимся какъ будто бы противорѣчіемъ: растворы, согласно опредѣленію, это были такія вещества, которыя при переходѣ изъ одной фазы въ другую оказывались не гилотропными, между тѣмъ только что была рѣчь о гилотропныхъ растворахъ. Противорѣчіе устранится, когда мы возьмемъ рядъ кривыхъ точекъ кипѣнія, отвѣчающихъ различнымъ давленіямъ.

Мы находимъ тогда, что абсцисса предѣльной точки въ большинствѣ случаевъ передвигается съ перемѣной давленія. Это знаменательное явленіе было впервые констатировано сэромъ Henry Roscoe и съ тѣхъ поръ оказалось очень полезнымъ критеріемъ для понятія химическаго индивидуума.

Начертивъ, одна за другой, нѣсколько кривыхъ точекъ кипѣнія, отвѣчающихъ различнымъ давленіямъ, мы получаемъ въ общемъ черт. 4, въ которомъ мѣсто предѣльныхъ точекъ, представляетъ само какую-нибудь кривую.



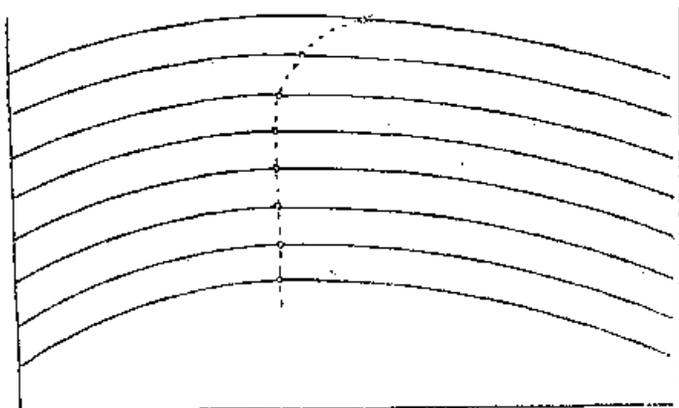
Черт. 4

Въ числѣ безконечнаго множества возможныхъ случаевъ, возможенъ также тотъ частный случай, что это геометрическое мѣсто точекъ представится въ видѣ вертикальной прямой. Въ этомъ случаѣ составъ не зависить отъ давленія и когда это условіе на лицо, мы называемъ соотвѣтственное вещество химическимъ индивидуумомъ.

Мы видимъ, такимъ образомъ, что между растворомъ

и химическимъ индивидуумомъ существуетъ извѣстная связь; послѣдній является особымъ, исключительнымъ случаемъ перваго. Съ другой стороны мы приобретаемъ полное и совершенное опредѣленіе химическаго индивидуума; мы имѣемъ дѣло съ таковымъ, когда какое-нибудь вещество на протяженіи извѣстной, конечной области температуръ и давленій образуетъ гилотропныя фазы.

Опытъ показываетъ, что вещества съ подобнымъ свойствомъ могутъ быть очень часто получаемы изъ другихъ подобныхъ веществъ по образцу растворовъ. Когда это имѣетъ мѣсто, тогда,—вытекаетъ изъ даннаго нами опредѣленія химическаго индивидуума,—это соединеніе должно произойти согласно извѣстному постоянному отношенію составныхъ частей, которое въ нѣкоторыхъ опредѣленныхъ предѣлахъ независимо отъ давленія и отъ температуры.



ЧЕРТ. 5.

Такимъ образомъ у насъ выведенъ первый стехиометрический законъ, законъ постоянства отношеній, изъ понятія химическаго индивидуума. Какъ Вы видѣли, выводъ этотъ крайне простъ: способъ, путемъ котораго составляютъ на опытѣ химическій индивидуумъ съ логическою неизбѣжностью заключаетъ самъ въ себѣ необходимость постоянства состава.

Если перейти за предѣлы области, гдѣ имѣетъ еще мѣсто соотношеніе гилотропн, то вещество приобретаетъ свойства

раствора, т. е. путемъ перехода къ новымъ фазамъ его можно расчлениить на различныя отдѣльныя части. Мы говоримъ тогда обыкновенно, что вещество находится въ состоянн разложенн или диссоціаціи. Графически это представляется такъ, что геометрическое мѣсто предѣльныхъ точекъ перестаетъ течь по вертикальной прямой, а дѣлаетъ отклоненіе въ сторону (черт. 5).

Существуютъ, однако, нѣкоторыя субстанціи, у которыхъ подобныя переходы въ область, гдѣ онѣ обладаютъ особенностями растворовъ, никогда еще не наблюдались. Такія вещества называютъ элементами. *Элементы*, другими словами, это такія вещества, которыя при всякъ известныя условія не могутъ образоватъ лишь гомогенныя фазы.

Отсюда слѣдуетъ, что всякое вещество въ концѣ концовъ должно разложиться на элементы. Самый общій изъ имѣющихся передъ нами случаевъ это — растворы. Всѣ растворы можно разложить на конечное число составныхъ частей, причемъ каждый растворъ даетъ по меньшей мѣрѣ двѣ такихъ части, которыя въ нѣкоторыхъ предѣлахъ обнаруживаютъ лишь гомогенныя превращенія, слѣдовательно являются химическими индивидуумами. Последнія, когда преступить предѣлы области ихъ существованія (*Existenzgebiet*), превращаются опять въ растворы; эти же послѣдніе можно снова расщепить на составныя части, пока, наконецъ, послѣднія составныя части простираютъ область своего существованія на все протяженіе достижимыхъ нашимъ опытомъ состояній. Тотъ фактъ, что отношеніе между растворомъ и его составными частями всегда остается одно-значно, ведетъ къ тому основному положенію, что каждое соединеніе можетъ быть только однимъ образомъ разложено на элементы, и этотъ-то принципъ вмѣстѣ съ только что выше даннымъ опредѣленіемъ элемента, служитъ источникомъ закона постоянства элементовъ, который гласитъ, что никогда изъ элемента *A* нельзя получить элемента *B*. Въ действительности, подобнаго рода превращеніе противорѣчило бы принятому положенію, что

элементъ — это такое вещество, которое въ состояніи образовывать лишь гидротерпныя фазы.

Я хотѣлъ бы на этомъ мѣстѣ остановиться на минуту, чтобы привести нѣкоторыя историческія данныя.

Вопросъ, можно ли найти объясненіе для стехіометрическихъ законовъ внѣ атомистической гипотезы, ставился до сихъ поръ почти всегда исключительно съ той цѣлью, чтобы отвѣтить на него отрицательно. Насколько только мнѣ извѣстно, до сихъ поръ лишь одинъ человѣкъ потрудился надъ нимъ, питая надежду достигнуть положительнаго результата. Не думаю, чтобы многимъ изъ васъ было знакомо его имя: его зовутъ Францъ Вальдъ (Franz Wald), онъ работаетъ въ качествѣ химика на желѣзодѣлательныхъ заводахъ въ Кладно, въ Богеміи.

Въ только что приведенныхъ разсужденіяхъ я обязанъ Вальду двумя существенными идеями. Во первыхъ, что опредѣленіе понятій „соединеніе“ и „элементъ“ въ нѣкоторомъ смыслѣ произвольно; оно имѣетъ задачей дать краткое обозначеніе методамъ нашихъ аналитическихъ работъ. Въ то время, какъ первоначально всякій растворъ имѣетъ одинаковое право быть изслѣдуемымъ, при помощи нашихъ способовъ отдѣленія мы приходимъ на опытѣ къ такого рода веществамъ, которыя мы обозначаемъ какъ соединенія и элементы. Вторая идея, которою Вальдъ открылъ правильный путь всѣмъ остальнымъ изслѣдователямъ, это та, что понятіе фазы общѣе понятія химическаго индивидуума, и что поэтому выводъ стехіометрическихъ законовъ съ помощью этого понятія долженъ стать возможенъ безъ постороннихъ гипотезъ. Я не знаю, признаетъ ли Вальдъ приведенныя мною разсужденія согласными съ тѣмъ, что онъ думаетъ; я чувствую однако непреодолимую потребность принести здѣсь выраженіе моего глубокаго уваженія и благодарной признательности одинокому изслѣдователю, въ продолженіе многихъ уже лѣтъ неуклонно преслѣдующему свою цѣль.

Изъ стехіометрическихъ законовъ остается намъ вывести еще два: законъ кратныхъ отношеній и законъ химическихъ эквивалентовъ. Я нахожу цѣлесообразнымъ переставить порядокъ и сначала говорить о второмъ законѣ. Онъ гласитъ, какъ извѣстно, что каждому химическому элементу можно приписать опредѣленный относительный вѣсъ, такъ что всѣ соединенія между элементами могутъ происходить лишь въ отношеніи этихъ вѣсовъ или ихъ рациональныхъ кратныхъ.

Предположимъ, что намъ даны три элемента: A , B и C , которые могутъ вступать попарно въ двойныя соединенія, равно какъ и въ состояніи образовать также соединеніе ABC , причемъ для простоты примемъ, что каждый разъ имѣется только одно соединеніе. Составимъ прежде всего соединеніе AB ; согласно доказанному уже закону постоянства отношеній, существуетъ вполне опредѣленное отношеніе между вѣсами элементовъ A и B , согласно которому это соединеніе образуется. Соединимъ затѣмъ AB съ C и получимъ соединеніе ABC . Между обоими входящими въ соединеніе веществами должно опять существовать вполне опредѣленное вѣсовое отношеніе, и если мы примемъ A за единицу, то для B и C у насъ будутъ имѣться извѣстные числа, которыя мы можемъ назвать ихъ частями (*Verbindungsgewichte*), отнесенными къ A , какъ къ единицѣ. Теперь соединимъ A съ C въ AC , причемъ опять имѣеть силу законъ постоянства отношеній, а затѣмъ изъ AC и B составимъ тройное соединеніе ACB . Согласно ясно поставленному выше предположенію, что между элементами и ихъ соединеніями зависимость всегда однопозначна, ACB должно быть вполне идентично съ ABC , и, слѣдовательно, оба должны заключать свои элементы въ одинаковомъ отношеніи. Отсюда слѣдуетъ, что AC не можетъ быть составлено, какъ угодно, а что оно должно содержать элементы A и C въ той же пропорціи, въ какой оно вошло въ соединеніе ABC , когда мы получили его при помощи AB и C . Можно, другими словами, на основаніи обихъ вычисленій отношеній $A : B$ и $AB : C$, вычислить напередъ отношеніе

въ еще не изслѣдованномъ соединеніи AC , и точно такъ же отношеніе въ неизнѣкомомъ еще соединеніи BC , приписывая каждому элементу опредѣленный, отнесенный напр. къ A , какъ къ единицѣ, пай. Отнесенные къ A вѣсовые пай сохраняютъ свою силу также и въ тѣхъ соединеніяхъ, въ которыя само A не входитъ. А это и есть не что иное, какъ законъ павъ или химическихъ эквивалентовъ.

Изъ закона эквивалентовъ можно очень легко вывести законъ кратныхъ отношеній. Коль скоро всѣ соединенія могутъ образоваться лишь согласно отношеніямъ павъ, то какое-нибудь вещество AB можетъ принять лишь столько элемента B , сколько отвѣчаетъ пая послѣдняго, чтобы образовать новое соединеніе съ большимъ количествомъ B . Это разсужденіе можетъ быть продолжено дальше, и такимъ образомъ приходимъ къ общему результату, что въ соединеніяхъ могутъ встрѣчаться лишь цѣлыя кратныя вѣсовыхъ павъ химическихъ элементовъ.

Если мы бросимъ взглядъ назадъ на тотъ путь, по которому шла наша мысль, чтобы достигнуть послѣдняго результата, то увидимъ, что онъ сводится къ тому же приему, благодаря которому первое и второе начала энергетики принесли столь богатые плоды. Какъ извѣстно, измѣненіе количествъ общей и свободной энергіи при какомъ угодно процессѣ, зависитъ только отъ начальнаго и конечнаго пункта, отъ пути же не зависитъ. Отсюда вытекаетъ возможность, зная два различныхъ пути, всегда составить изъ нихъ уравненіе, изъ котораго можно получить новое отношеніе. Точно также поступалъ я въ своемъ разсужденіи. Такъ какъ отношеніе между соединеніемъ и его элементами однозначно, то я могу составить данное соединеніе какимъ угодно путемъ, причемъ всегда я долженъ прійти къ одному и тому же результату. Слѣдовательно, я могу установить уравненіе между различными путями, и эти уравненія сами непосредственно ведутъ къ закону химическихъ эквивалентовъ.

Въ этомъ, господа, заключается главная сущность разсужденій, которыми я хочу съ Вами сегодня подѣлиться. Съ ними связанъ цѣлый рядъ другихъ еще вопросовъ, въ особенности нужно упомянуть объ изомерныхъ соединеніяхъ и аллотропныхъ формахъ элементовъ. Я изслѣдовалъ ихъ тоже въ смыслѣ вышеизложенныхъ принциповъ, и могу увѣрить, что нигдѣ я не встрѣтилъ непреодолимыхъ трудностей или неустраимыхъ противорѣчій; напротивъ, и эти явленія безъ труда согласуются съ общимъ возрѣніемъ. У меня отняло бы только слишкомъ много времени, если бы я захотѣлъ говорить подробнѣе также объ этихъ вопросахъ.

Зато хотѣлъ бы я сказать еще нѣсколько словъ о природѣ элементовъ, такъ какъ и на этотъ фундаментальный вопросъ открываются новыя точки зрѣнія. Въ теченіе всей своей ученой карьеры Фарадей постоянно повторялъ ту мысль, что матерію мы знаемъ лишь по ея силамъ, и что, когда мы мысленно отбросимъ ихъ отъ нея, то останется не какой-нибудь пассивный носитель, а просто ничто. Такъ какъ онъ твердо держался атомистической теоріи, то онъ былъ принужденъ выразить эту мысль въ той формѣ, что атомы—это только математическія точки, изъ которыхъ исходятъ силы или въ которыхъ пересекаются направленія силъ; этотъ взглядъ его совпадаетъ съ болѣе старыми возрѣніями Босковича. На языкъ современной науки перевожу я это возрѣніе такимъ образомъ: то, что мы называемъ матеріей, есть лишь извѣстный комплексъ энергій, которыя мы находимъ въ одномъ и томъ же пространствѣ. При этомъ мы вполне еще свободно можемъ воображать пространство сплошь выполненнымъ энергіей или же приписать энергіи пространственную періодичность, т. е. принять зернистую или атомистическую структуру заполняющей пространство энергіи (Energiefüllung). Рѣшеніе этого вопроса зависитъ лишь отъ чистаго опыта. Дѣйствительно, есть очень большое число явленій природы, (и я причисляю сюда и химическія), въ которыхъ всѣ факты можно представить принимая пространство выполненнымъ непрерывно.

Существуютъ ли другія явленія, которыхъ нельзя представить не принявъ пространственной періодичности, а со своими ограниченными знаніями не берусь рѣшать; я могу только сказать, что самъ не знаю таковыхъ ни одного.

Какъ представляется съ этой общей точки зрѣнія вопросъ о химическихъ элементахъ? Отвѣтъ мы найдемъ, когда вспомнимъ, что химическіе элементы отличаются отъ соединений только тѣмъ, что предѣлы областей ихъ существованія или условія, при которыхъ они пріобрѣтаютъ свойства растворовъ, неизвѣстны. Когда мы такимъ образомъ ясно представимъ себѣ, какія особенныя энергетическія свойства привели къ образованію понятія химическаго индивидуума, тогда мы найдемъ также общее представленіе объ элементахъ.

Отвѣтъ состоитъ въ томъ, что всякое вещество для того, чтобъ его можно было изолировать какъ отдѣльный индивидуумъ, должно тѣмъ отличаться отъ сосѣднихъ (по составу) растворовъ, что ему принадлежитъ минимум свободной и способной къ превращеніямъ (*umwandelbare*) энергій. Такъ, мы видѣли, что для того, чтобъ тѣло было гилотропно, долженъ быть, напримѣръ, на лицо максимумъ точки кипѣнія; послѣдній же всегда означаетъ минимумъ свободной энергій.

Различныя субстанціи отличаются другъ отъ друга тѣмъ обстоятельствомъ, что ихъ специфическіе энергетическіе факторы (*Energiefaktoren*) остаются различны даже при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, какъ давленіе и температура. Такъ каждое вещество отличается отъ всякаго другого своимъ удѣльнымъ объемомъ, своей удѣльной энтропией, своимъ удѣльнымъ количествомъ электричества (электрохимическій эквивалентъ) и т. д. Сколько изъ этихъ факторовъ можно считать независимыми переменными я не могу сказать. Для наглядности примемъ, что имѣются двѣ независимыхъ переменныхъ. Я принимаю это только ради графическаго представленія моихъ разсужденій, никоимъ образомъ не потому, чтобъ я считалъ почему-нибудь это число болѣе правдоподобнымъ, чѣмъ какое-нибудь дру-

гое. Такъ какъ изъ этого числа я не буду въ дальнѣйшемъ извлекать никакихъ заключеній, то сдѣланное мною произвольное предположеніе не внесетъ никакой погрѣшности.

Вообразимъ себѣ эти оба независимоперемѣнныхъ свойства нанесенными на прямоугольную систему координатъ; каждый изъ различныхъ элементовъ займетъ одну единственную точку въ плоскости координатъ. Воображаемъ эту плоскость горизонтально, величины же свободной энергіи наносимъ вертикально: такимъ образомъ мы получаемъ соответственное количество точекъ въ пространствѣ, представляющихъ элементы. Между координатами элементовъ лежатъ координаты растворовъ, которые цѣликомъ заполняютъ всю остальную часть плоскости, а между ними лежатъ нѣкоторое конечное число точекъ, отвѣчающихъ соединеніямъ; послѣднія мы пока оставимъ внѣ нашего вниманія. Если для каждой точки нанести соответственное значеніе свободной энергіи, то мы получимъ сплошную поверхность, о формѣ которой мы можемъ составить нѣкоторое представленіе. Такъ какъ свободная энергія элементовъ всегда меньше, чѣмъ воѣхъ прилегающихъ растворовъ, то рассматриваемая поверхность имѣетъ такую форму, какъ потолокъ сталактитовой пещеры; каждому нижнему пункту какого-нибудь сталактита отвѣчаетъ какой-нибудь элементъ.

Какъ можемъ мы перейти отъ одного элемента къ другому? Очевидно, что съ этой цѣлью мы должны по одной сторонѣ сталактита подняться вверхъ, пока, наконецъ, сможемъ перейти на какой-нибудь сосѣдній. Это значитъ, что мы должны настолько увеличить свободную энергію пространственнаго комплекса, называемаго нами элементомъ, чтобы выйти за предѣлы того уровня высоты, который отдѣляетъ насъ отъ ближайшаго сталактита. Возможность, однако, концентрировать энергію въ известномъ данномъ пространствѣ, ограничена: мы не можемъ напр. сжать газъ до произвольно высокаго давленія, т. к. чуть чуть выше 30,000 атмосферъ твердѣйшіе изъ нашихъ металловъ не выдерживаютъ больше и разрушаются, и у насъ нѣтъ

больше аппаратовъ, въ которыхъ мы бы могли произвести желаемую процедуру. Подобныя же препятствія встрѣчаемъ мы, когда хотимъ безпредѣльно концентрировать электрическую энергію и т. д. И если мы, такимъ образомъ, не можемъ перевести одинъ элементъ въ другой, то причина этого, по моему мнѣнію, лежитъ только въ томъ, что мы не въ состояніи достигнуть требуемой концентрации эмергіи, чтобы переступить за предѣлы соответственнаго пояса высотъ между однимъ и другимъ сталактитомъ.

Исторія науки показываетъ, что въ приведенномъ разсужденіи заключается, во всякомъ случаѣ, зерно правды такъ какъ изолированіе элементовъ бывало непосредственнымъ слѣдствіемъ усиленія возможности концентрировать энергію. Влестящимъ тому примѣромъ служить полученіе алкалическихъ металловъ Г. Деви. (H. Davy).

Я бы не осмѣливался, Милостивые Государи, предлагать Вамъ всѣ эти разсужденія, если бы въ самое послѣднее время не обнаружилось весьма неожиданное ихъ примѣненіе. Уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ я изложилъ въ краткихъ чертахъ эти мысли своему старому другу W. Ramsay'у, когда онъ меня однажды спросилъ, какъ представляю я себѣ съ точки зрѣнія моего энергетическаго міропониманія природу элементовъ. Послѣ этого я забылъ ихъ за другими работами пока въ прошломъ году при личномъ свиданіи Ramsay не напомнилъ мнѣ о нихъ и не указалъ на то, что его, кажушееся столь загадочнымъ, открытіе превращенія радія въ гелій могло бы стать въ ихъ освѣщеніи болѣе связнымъ и понятнымъ. И, дѣйствительно, это такъ; и объясненіе съ этой точки зрѣнія представляется слѣдующимъ образомъ:

Въ той области нашей пещеры, гдѣ находятся элементы съ наивысшими химическими паями, сталактиты будутъ все короче и короче и въ концѣ концовъ они не образуютъ уже больше свѣшивающихся сосулекъ, а только угловатыя горбинки на наклонномъ потолокѣ. Въ то время, какъ по настоящему сталактиту капля жидкости можетъ стечь лишь до самаго нижняго конца сосульки и тамъ должна остаться—аналогія съ устойчивостью соответственнаго элемента,—въ

подобномъ мѣстѣ капля испытаетъ лишь минутную задержку и потомъ потечетъ дальше.

Такіе элементы, слѣдовательно, обладаютъ періодомъ существованія ограниченнымъ во времени. Въ виду того, что во всякомъ случаѣ для того, чтобы перевести одинъ элементъ въ другой необходимо затратить громадное количество энергіи, такъ какъ достигнутыя до сихъ поръ концентраціи энергіи, не могли еще этого достигнуть, то при переходѣ такого неустойчиваго элемента въ устойчивый не менѣе громадныя количества энергіи должны становиться свободными. Это дѣлаетъ для насъ понятнымъ, откуда берутся эти превосходящія всякія обычныя условія количества энергіи, которыя безпрерывно расходуетъ радій. Въ особенности то обстоятельство, что онъ превращается въ гелій, слѣдовательно въ элементъ, котораго сталактитъ свѣшивается крайне низко (какъ мы можемъ заключить изъ отсутствія у гелія способности входить въ какія-либо соединенія), позволяетъ именно ожидать напередъ подобныхъ громадныхъ количествъ энергіи.

Теплота, развиваемая радіемъ, является, какъ извѣстно, послѣдней формой развитой имъ энергіи; въ промежуткѣ до нея имѣютъ мѣсто другія формы энергіи и элементовъ, которыя были описываемы, какъ лучи, эманации и т. д., и въ изслѣдованіи которыхъ блестяще выказало себя остроуміе и экспериментативныя способности пѣлаго ряда выдающихся изслѣдователей. Пожалуй, мнѣ будетъ позволено высказать предположеніе, что нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что намъ приходится имѣть здѣсь дѣло съ новыми формами энергіи, аналогичными электричеству или теплотѣ. Что онѣ возникаютъ при разрушеніи крайне концентрированной энергіи, можно такъ же ожидать напередъ, какъ и того, что у насъ нѣтъ средствъ, при помощи которыхъ мы могли бы сохранять ихъ въ продолженіе долгаго времени. Въдь, на примѣръ, сохраненіе количества электрической энергіи напряженія въ нѣсколько тысячъ вольтъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, или даже лѣтъ, является задачей, въ разрѣшимости которой при помощи имѣющихся въ на-

стоящее время въ нашихъ рукахъ средствъ, можно сомнѣваться.

На этомъ позвольте мнѣ, милостивые государи, закончить свою рѣчь. Я зашелъ здѣсь въ область, въ которой собственными работами я не приобрѣлъ еще права судить, и я вижу предъ собой людей, которые обладаютъ гораздо болѣе точными и обширными познаніями въ этой новой области, чѣмъ я. Я прошу поэтому принимать набросанныя мною идеи въ томъ же смыслѣ, въ какомъ несравненный Учитель Фарадей понималъ свои умозрѣнія: какъ вопросы, съ которыми обращаются къ природѣ. Если она скажетъ: да, то мы должны идти дальше по начатому пути. Если она скажетъ: нѣтъ,—тогда мы станемъ искать новаго пути.

ДОВАВЛЕНІЕ.

(Середина мая 1904 г.)

Послѣ того, какъ въ началѣ апрѣли 1904 г. вышеприведенная лекція была написана и въ концѣ текущаго мѣсяца опубликована на англійскомъ языкѣ, мнѣ приходилось въ разговорахъ съ товарищами по наукѣ отвѣчать на нѣкоторые вопросы, касающіеся ея содержанія, изъ которыхъ я заключаю, что мнѣ, повидимому, не вполне удалось изложить предметъ съ полною ясностью, какъ это было бы желательно.

Мнѣ приходится съ самаго начала отмѣтить, что настоящая лекція имѣетъ въ виду сдѣлать лишь первый опытъ, примѣнить къ данной проблемѣ новопріобрѣтенныя точки зрѣнія. Подробная разработка этихъ взглядовъ, въ смыслѣ ихъ прочности, въ смыслѣ содержанія прямо или между строкъ принятыхъ экспериментальныхъ предпосылокъ, въ смыслѣ предѣловъ для логическихъ слѣдствій, которыя можно извлечь изъ различныхъ предположеній и т. п., представляетъ задачу, требующую болѣе продолжительной, а главное — болѣе замкнутой и спокойной работы, чѣмъ было до сихъ поръ въ моемъ распоряженіи. Я питаю желаніе и надежду исполнить эту работу со всей тщательностью и точностью, на которую я способенъ. То, что я опубликовалъ этотъ первый набросокъ, имѣетъ, кромѣ внѣшнихъ причинъ, еще, главнымъ образомъ, ту, внутреннюю, что съ его помощью, благодаря вызванной среди работниковъ на общей научной нивѣ реакціи, упомянутая болѣе точная разработка сможетъ быть исполнена мною съ большею легкостью и полнотою.

Не трудно замѣтить, что центръ тяжести всего изложенія лежитъ въ выводѣ закона химическихъ эквивалентовъ, какъ онъ приведенъ на стр. 20, при помощи разсмотрѣнія возможныхъ соединеній изъ трехъ составныхъ частей. Противъ этого вывода мнѣ былъ поставленъ съ весьма глубоко уважаемой стороны упрекъ, что это доказательство имѣетъ лишь тогда силу, если я могу доказать, что при

воздѣйствіи C на AB не отдѣляется какой-нибудь остатокъ A или B , такъ какъ въ такомъ случаѣ, конечно, нельзя было бы по соотношенію частей (*Verbindungsverhältnis*) въ соединеніи AB судить объ ихъ отношеніи въ соединеніи ABC .

Отвѣтъ на этотъ упрекъ, собственно, есть уже въ моемъ изложеніи, не такъ ясно, однако, — охотно признаю — выступаетъ на первый планъ, чтобы сразу броситься въ глаза читателю. Онъ заключается въ томъ нѣсколько разъ отмѣченномъ мною, заимствованномъ изъ опыта, фактѣ, что элементы и составныя вещества, въ отношеніи имѣемыхъ здѣсь въ виду условій, не разнятся принципиально, такъ какъ опредѣленіе элемента (стр. 19) есть чисто экспериментальное, и границы его мѣняются въ зависимости отъ развитія нашей техники. Такимъ образомъ элементы, именно въ силу обнаруженнаго экспериментальнымъ путемъ свойства „неразложимости“, не могутъ никогда при соединеніи съ другими элементами же давать остатки какихъ-нибудь другихъ веществъ; слѣдовательно, изъ двухъ элементовъ A и B не составится соединеніе AB + какой-нибудь остатокъ какого-нибудь третьяго вещества C , но единственно возможнымъ является, что или при произвольно выбранной пропорціи, въ какой предоставляютъ элементамъ A и B дѣйствовать другъ на друга, останется избытокъ одного изъ элементовъ A или B , или же оба элемента будутъ взяты какъ разъ въ той пропорціи, въ какой они соединяются въ AB , и тогда получится лишь чистое вещество AB .

Экспериментальный законъ, стоящій въ тѣснѣйшей связи съ этимъ общимъ выводомъ закона химическихъ эквивалентовъ, слѣдовательно, тотъ, что при взаимодѣйствіи даже между разложимыми веществами существуетъ между ними опредѣленная зависимость, въ какой каждая пара веществъ образуетъ нѣкоторое третье. Общѣе можно высказать этотъ эмпирический законъ такъ, что въ результатѣ химическаго взаимодѣйствія изъ m данныхъ веществъ возникаетъ n новыхъ, гдѣ въ общемъ случаѣ m можетъ не равняться n . Если n меньше m , тогда говорятъ о соедине-

ни, если оно больше, говорить о разложении. Въ случаѣ $m = n$, употребляютъ выраженіе: замѣщеніе.

Это измѣненіе числа веществъ, изъ которыхъ состоитъ данная система послѣ реакціи, является, такимъ образомъ, основнымъ фактомъ, безъ котораго общій выводъ закона химическихъ эквивалентовъ не былъ бы возможенъ. Выводъ этотъ, слѣдовательно, тогда лишь имѣетъ силу, когда это предположеніе имѣетъ мѣсто. Но любое данное вещество можно заставить получаться или исчезать при такихъ реакціяхъ, при которыхъ число веществъ измѣняется, такъ что каждое вещество можно подвести подъ это доказательство; доказательство, такимъ образомъ, является общимъ. Очевидно, что это связано съ тѣмъ фактомъ, что, какъ показываетъ опытъ, одно и то же вещество можно получать путемъ самыхъ разнообразныхъ реакцій; каждая изъ этихъ реакцій даетъ извѣстное отношеніе, а существованіе всѣхъ этихъ отношеній возможно лишь при предположеніи закона химическихъ эквивалентовъ.

Мысль, лежащая въ основѣ этого разсужденія станетъ, пожалуй, еще нагляднѣе, если я укажу на связь этого способа умозаключенія съ другимъ, слишкомъ на сто лѣтъ старшимъ, при помощи котораго Іеремія Веньяминъ Рихтеръ рѣшилъ подобную, хотя болѣе узкую, задачу. Какъ извѣстно, Рихтеръ изъ продолжительности нейтральнаго состоянія при взаимодействіи нейтральныхъ солей вывелъ заключеніе, что при этомъ взаимодействіи ни одно изъ обоихъ веществъ, изъ которыхъ можно образовать нейтральныя соли, — ни кислота, ни основаніе, — не получаютъ въ избыткѣ, такъ что, такимъ образомъ, оба вещества соединяются между собой въ нейтральныя соли лишь согласно опредѣленному, исключительно отъ ихъ природы зависящему, отношеніямъ. Такъ какъ далѣе это постоянство нейтральности является общимъ, независящимъ отъ особенныхъ свойствъ принимающихъ участіе въ реакціи кислотъ, оснований и солей, фактомъ, то найденныя числа оказались, стало быть, общими, независящими отъ природы другой составной части естественными постоянными (Naturkonstanten).

Совершенно такъ же, какъ здѣсь постоянство нейтральнаго состоянія, фактъ измѣненія числа веществъ вслѣдствіе химическихъ реакцій, обладаетъ свойствомъ дѣлать неизбѣжными опредѣленные численные зависимости въ условіяхъ соединенія (*Verbindungsverhältnisse*) реагирующихъ веществъ. Если изъ веществъ *AB* и *C* получается однородное вещество *ABC*, то при разложеніи *ABC* его составныя части *A* и *B*, въ силу необходимости, должны получиться въ такой же пропорціи, въ какой они могутъ быть получены изъ соединенія *AB*, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, получилось бы не одно вещество *ABC*, а смѣсь его съ одною или двумя изъ его составныхъ частей.

Здѣсь дѣло касается, какъ я уже однажды имѣлъ случай замѣтить, задачи, подобной той, которая разрѣшена въ теоретической кристаллографіи. Если, напримѣръ, принять поясную связь (*Zonenzusammenhang*) граней кристалла или возможность получать ихъ геометрически одну изъ другой, какъ эмпирически данныя, то законъ рациональныхъ осевыхъ отрѣзковъ или кратныхъ тангенсовъ угловъ наклоненія можно вывести, какъ логически необходимыя геометрическія слѣдствія. Точно такъ же и тутъ имѣются въ виду нѣкоторые, весьма общіе эмпирическіе факты, которыми можно воспользоваться для вывода стехіометрическихъ законовъ. Ни здѣсь, ни тамъ не приходится имѣть дѣла съ какимъ-нибудь апріорнымъ разсужденіемъ, въ силу котораго бы изъ явленія выводился законъ, отъ него самого независящій. Напротивъ, въ обоихъ случаяхъ имѣетъ мѣсто лишь геометрическая или, вообще, математическая связь, которая сначала не была непосредственно замѣтна, но которую легко имѣть склонность найти послѣ того, какъ размы постигли и уразумѣли существующую блискую зависимость.

К О Н Е Ц Ъ .