В. Никитри
23. V. 39 г.
г. Пермь

М. Г. ЦЕНТНЕРШВЕРЪ
докторъ философіи
преподаватель Рижскаго Политехническаго Института

ОЧЕРКИ по ИСТОРІИ ХИМІИ

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНЫЯ ЛЕКЦІИ

Съ 83 рисунками

MATHESIS

ОДЕССА
1912

Автору.

Посвящается моему любимому учителю

Павлу Ивановичу Вальдену

къ двадцатипятилѣтію его научной дѣятельности

Предисловіе.

Весною 1906 г. въ Ригѣ были устроены курсы по различнымъ отраслямъ наукъ для широкихъ круговъ публики. «Очерки по исторіи химіи» явились введеніемъ въ систематическое изученіе физики и химіи.

Въ 1908 г. читанный мною курсъ былъ изданъ на польскомъ языкѣ. Благосклонные отзывы печати, а равно и несомнѣнный интересъ публики къ моимъ «Очеркамъ» возбудили во мнѣ желаніе сдѣлать эту книжку доступной и для русской публики. Издательство «Матезисъ» съ чрезвычайной любезностью пошло навстрѣчу этому желанію, и такимъ образомъ «Очерки» появились въ свѣтъ.

Въ сравненіи съ польскимъ изданіемъ русское отличается тѣмъ, что послѣдняя глава о радіи значительно расширена, сообразно съ растущимъ познаніемъ этого таинственнаго элемента и его собратьевъ. Кромѣ того я воспользовался указаніями критики и нѣкоторыхъ товарищей, и сдѣлалъ въ первоначальномъ текстѣ нѣкоторыя частныя измѣненія.

Желая заслужить снисхожденіе любезнаго читателя и вмѣстѣ съ тѣмъ оградить себя отъ стрѣлъ суроваго критика, я считаю нужнымъ тутъ же указать, что предлагаемые «Очерки» не отличаются полнотою и не опираются на первоисточники.

Полными эти очерки не могутъ быть въ виду того, что въ узкихъ рамкахъ десяти лекцій немыслимо вмѣстить полную картину такой обширной науки, какою является исторія химіи. Поэтому приходится выбирать тѣ или иные частные эпизоды. Такой выборъ въ сущности всегда будетъ произвольнымъ, хотя и не всегда удачнымъ.

Равнымъ образомъ предлагаемый трудъ не можетъ опираться на первоисточники, ибо жизнь одного человѣка слишкомъ кратковременна для обстоятельнаго изслѣдованія исто-

ріи химіи отъ ея зарожденія до послѣднихъ открытій, отъ первоначальныхъ попытокъ плавленія на Востокѣ до новѣйшихъ опытовъ съ лучеиспускающей матеріей на Западѣ. Кто хочетъ охватить цѣлое, долженъ заимствовать у другихъ, и вмѣсто первоисточниковъ изучать то, что о нихъ написано. Въ концѣ каждой главы я привелъ тѣ книги, изъ которыхъ я заимствовалъ содержаніе лекцій.

Въ исторіи науки мы находимъ немного эпохъ, столь изобилующихъ открытіями первостепенной важности, какъ послѣднее десятилѣтіе прошлаго вѣка и первое десятилѣтіе текущаго. Но распространенію знаній вглубь не всегда соотвѣтствуетъ распространеніе ихъ вширь. Здѣсь необходимо раздѣленіе труда. Кромѣ тружениковъ изслѣдователей необходимы люди, которые придавали бы этимъ изслѣдованіямъ доступную форму.

Не слѣдуетъ забывать, что культура измѣряется не только своей глубиною, не только ученостью отдѣльныхъ лицъ, но и шириной распространенія, т. е. количествомъ лицъ, охватываемыхъ культурой. Поэтому демократизація науки составляетъ самую насущную потребность нашего времени, тѣмъ болѣе ощутительную, чѣмъ шире пробѣлъ между знаніемъ профессіональныхъ ученыхъ и культурой народныхъ массъ.

Предлагаемый трудъ представляетъ посильный вкладъ въ этомъ направленіи.

Форму лекцій я оставилъ безъ измѣненія, полагая, что такая форма болѣе привлекаетъ вниманіе читателя, чѣмъ описательная: въ ней сохраняется доля того индивидуальнаго вліянія, какое оказываетъ на слушателей живая рѣчь. То же самое я имѣлъ въ виду, прилагая описаніе опытовъ и рисунки.

Въ заключеніе я считаю пріятнымъ долгомъ выразить свою искреннюю признательность моему высокопочитаемому учителю Павлу Ивановичу Вальдену, подавшему мнѣ мысль прочитать этотъ курсъ, и г. І. Л. Левинтову, вложившему много труда въ русское изданіе «Очерковъ».

М. Г. Центнершверъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стр.

Предисловіе . . . . . V—VI

Лекція I

Химія у древнихъ народовъ. — Начала алхиміи.

Стр.

Естественныя и бумажныя науки. — Народные университеты на Западѣ. — Цѣль настоящихъ лекцій. — Гдѣ и когда зародилась химія. — Изобрѣтеніе огня. — Эпохи въ исторіи человѣческой культуры. — Металлы. — Золото и желѣзо. — Какъ дѣлались изобрѣтенія въ древности. — Египетскіе стекольщики. — Философія грековъ. — Аристотель. — Начало науки объ элементахъ. — Галенъ. — Элементы человѣка. — Философскій камень. — Моисей — первый алхимикъ. — Зачатки вѣры въ превращеніе металловъ. — Происхожденіе названія алхиміи. — Геберъ . . . . . 1—19

Лекція II.

Искусство изготовленія золота.—Аптекари и врачи.

Взглядъ на прошлое. — Алхимія и алхимики. — Общая ихъ характеристика. — Ихъ заблужденія. — Ихъ ошибки. — Методы, примѣнявшіеся ими. — Очищеніе веществъ. — Перечисленіе вновь открытыхъ тѣлъ. — Вліяніе химіи на развитіе теоретическихъ воззрѣній. — Практическія завоеванія. — Изобрѣтеніе фарфора. — Ятрохимія. — Парацельзъ. — Ванъ-Гельмонтъ . . . . . 20—49

Стр.

Лекція III.

Флогистонъ и ниспроверженіе его Антономъ Лавуазье.

Періоды въ исторіи химіи. — Характеристика отдѣльныхъ эпохъ. — Химія вступаетъ въ новѣйшій періодъ. — Происхожденіе и значеніе академій. — Химическая лабораторія временъ флогистона — Основы химической системы. — Газы даютъ начало пневматической химіи. — Открытіе важнѣйшихъ газовъ. — Химическая система, основанная на принципѣ происхожденія (генетическая система). — Бойль — отецъ аналитическаго искусства. — Огонь, разсматриваемый, какъ химическое явленіе. — Что представлялъ собою флогистонъ. — Отрицательный вѣсъ. — М. В. Ломоносовъ. — Лавуазье. — Его молодость. — Госпожа Лавуазье. Объясненіе отдѣльныхъ явленій при помощи теоріи горѣнія. — Горѣніе есть не разложеніе веществъ, а соединеніе горючихъ тѣлъ съ кислородомъ. — Дальнѣйшіе труды Лавуазье. — Его политическія воззрѣнія. — Обвиненіе и казнь . . . . . 50—81

Лекція IV.

Сэръ Гёмфри Дэви и его служитель.

Взглядъ на пройденное. — Элементы и соединенія. — Постоянство массы. — Этотъ принципъ не является апріорнымъ. — Понятіе элемента. — Химическая систематика. — Окислы: основанія и кислоты. — Мѣсто воды. — Соли, какъ соединенія основаній съ кислотами. — Дальнѣйшее развитіе систематики. — Вліяніе физики на развитіе химіи. — Открытіе Вольты. — Г. Дэви. Его жизнь. — Научныя заслуги. — Royal Institution. — Михаилъ Фарадэй. — Поступленіе въ лабораторію Дэви. — Путешествіе по Европѣ. — Труды Фарадэя и ихъ результаты — Электрохимія . . . . . 82—108

Стр.

Лекція V.

Два пріятеля.

Ярмарка въ Дармштадтѣ. — Молодые годы Либиха. — Приключенія въ школѣ. — Въ обученіи у аптекаря. — Студенческіе годы. — Парижъ. — Опыты съ взрывчатыми солями. — Анализъ гремучей кислоты. — Ціановая кислота Вёлера. — Берцеліусъ въ качествѣ судьи. — Приглашеніе Либиха въ Гиссенъ. — Переворотъ въ обученіи химіи. — Его послѣдствія. — Элементарный анализъ. — Примиреніе съ Вёлеромъ. — Искусственное полученіе мочевины. — Конецъ «жизненной силы». — Чѣмъ занимается органическая химія? — Радикалъ. — Вліяніе Либиха въ земледѣліи. — Дружба съ Вёлеромъ . . . . . 109—130

Лекція VI.

Врачъ и пивоваръ.

Откуда происходитъ теплота горѣнія? — Отвѣтъ флогистиковъ. — Пневматическая теорія не была въ состояніи отвѣтить на этотъ вопросъ. — Исчезновеніе и возникновеніе теплоты: a) при затвердѣваніи и плавленіи; b) при испареніи и ожиженіи. — Теплота отъ тренія. — Опыты гр. Румфорда и Дэви. — Опытъ Тиндалля и вытекающія изъ него слѣдствія. — Ниспроверженіе вещественной теоріи тепла. — Джауль и Майеръ. — Жизнь и научная дѣятельность Джауля. — Путешествіе Майера въ Индію. — Судьба первой работы Майера. — Борьба. — Что такое энергія? — Виды ея. — Ея превращенія. — Психическая энергія. . . . . 131—149

Стр.

Лекція VII.

Міръ атомовъ.

Три ступени въ исторіи развитія наукъ. — Періодъ наблюденій. — Описательная наука. — Раціональная наука. — Какъ открываются законы природы? — Примѣры изъ исторіи химіи. — Анализъ въ наукѣ. — Способъ изложенія законовъ природы. — Что такое законы природы? — Принципъ экономіи въ наукахъ. — Законы и гипотезы. — Основной вопросъ атомистической гипотезы. — Однородныя и неоднородныя тѣла. — Смѣющійся философъ. Что такое атомъ? — Недѣлимы ли атомы? — Атомы и модели. — Расширеніе. — Раствореніе. — Химическія соединенія. — Атомы и молекулы. — Физика и химія. — Стехіометрическіе законы. — Веньяминъ Рихтеръ и Людовикъ Пру. — Джонъ Дальтонъ. — Атомные вѣса. — Авогадро. — Абсолютная величина атомовъ и молекулъ . . . . 150—180

Лекція VIII.

Расцвѣтъ органической химіи и его практическія послѣдствія.

Роль гипотезы въ наукѣ. — Состояніе органической химіи послѣ Либиха и Вёлера. — Типы. — Метанъ. — Валентность. — Продукты замѣщенія. — Бензольное кольцо. — Неизмѣняемость углероднаго скелета. — Формулы строенія, какъ символы. — Вопросъ объ изомеріи. — Бутлеровъ. — Синтезы Бертело. — Практическія пріобрѣтенія. — Байеръ. — Его заслуги въ дѣлѣ научнаго образованія техниковъ. — Фишеръ. — Сахары. — Группа мочевой кислоты. — Протеины. — Виды на синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ. — Ненцкій . . . . . 181—208

Стр.

Лекція IX.

Вантъ-Гоффъ и Оствальдъ — реформаторы современной химіи.

Отношеніе физики къ химіи. — Вантъ-Гоффъ. — Углеродный тетраэдръ. — Изслѣдованія въ области химической динамики. — Осмотическое давленіе и теорія растворовъ. — Приглашеніе Вантъ-Гоффа въ Берлинъ. — Стассфуртскія копи. — Молодость Оствальда. — Заслуги передъ Рижскимъ Политехническимъ Институтомъ. — Сродство. — Крѣпость кислотъ. — Углекислый свинецъ и уксусная кислота. — Изслѣдованіе химическаго сродства кислотъ. — Значеніе работъ Оствальда. — Сванте Арреніусъ и ученіе объ электропроводности растворовъ солей. — Сближеніе Оствальда съ Арреніусомъ. — 1887 годъ. — Гипотеза іоновъ. — Возраженія противъ нея и ихъ опроверженіе. — Электрохимическія работы Оствальда и его учениковъ. — Новый институтъ физической химіи въ Лейпцигѣ. — Каталитическія работы. — Заслуги въ систематикѣ. — Учебники и «Школа химіи». — Натурфилософія. — Отставка. — Вліяніе физической химіи на неорганическую. — Муассанъ. — Фторъ. — Электрическая печь. — Карбиды. — Искусственное полученіе алмазовъ . . . . . 209—256

Лекція X.

Новые элементы. Радіоактивность.

Предположеніе о сложномъ строеніи элементовъ. — Первыя попытки обнаружить періодичность въ свойствахъ элементовъ. — Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ. — Періодическая система элементовъ. — Вильямъ Рамзай. — Нулевая группа или благород-

Стр.

ные газы. — Новые лучи. — Супруги Кюри. — Полоній. — Открытіе радія въ урановой обманкѣ. — Свойства радія. — Образованіе теплоты. — Химическія дѣйствія. — Физіологическія дѣйствія. — Активный осадокъ и эманація. — Лучи α, β, γ. — Разложеніе радія. — Спинтарископъ. — Дальнѣйшая судьба эманаціи. — Родословная радія. — Другіе радіоактивные элементы. — Трансмутація элементовъ . . . . . 257—315

Заключеніе . . . . . 316—318

УКАЗАТЕЛЬ РИСУНКОВЪ.

Рис.		Стр.
1	Каменные инструменты доисторической эпохи	6
2	Выплавка золота въ древнемъ Египтѣ	8
3	Оружіе и предметы украшенія изъ бронзы	10
4 и 5	Древнеегипетскіе стеклодувы	12
6	Альбертъ Магнусъ (1193—1280)	21
7	Рожеръ Бэконъ (1214—1284)	22
8	Василій Валентинъ (XV вѣкъ)	23
9	Монахъ—алхимикъ	24
10	Курфюрстъ саксонскій Іоаннъ Георгій у алхимика Турнейссера	26
11	Пытка алхимика	28
12	Алхимическая лабораторія	33
13	Алхимическіе приборы для перегонки, хранящіеся въ Мюнхенскомъ «естественнонаучномъ музеѣ»	36
14	Желѣзоплавильный заводъ XVI столѣтія	40
15	Парацельзъ (1493—1541)	42
16	Ванъ Гельмонтъ (1577—1644)	46
17	Химическая лабораторія флогистоннаго періода. Внизу символы химическихъ веществъ, употреблявшіеся въ то время	55
18	Робертъ Бойль (1627—1691)	61
19	Георгій Шталь (1660—1734)	64
10	Михаилъ Васильевичъ Ломоносовъ (1711—1765)	67
21	Лабораторія Ломоносова	68
22	Антонъ Лаврентій Лавуазье (1743—1794)	71
23	M-elle Пользе	73

Рис.		Стр.
24	Супруги Лавуазье	74
25	Опыты надъ дыханіемъ человѣка I	76
26	Опыты надъ дыханіемъ человѣка II	77
27	Бертолле посѣщаетъ Лавуазье въ его лабораторіи	78
28	Тюрьма «de Port Libre» въ Парижѣ	80
29	Людовикъ Гальвани (1737—1798)	91
30	Гальваническіе опыты I	92
31	Гальваническіе опыты II	92
32	Александръ Вольта (1745—1827)	93
33	Вольтовъ столбъ	94
34	Вольта докладываетъ въ присутствіи Наполеона Бонапарта о своихъ опытахъ съ гальваническимъ электричествомъ	95
35	«Гальваническое дѣйствіе»	96
36	Гёмфри Дэви (1778—1829)	97
37	Михаилъ Фарадэй (1791—1867)	101
38	Фарадэй въ лабораторіи Королевскаго Института въ Лондонѣ	104
39	Либихъ—студентъ	111
40	Фридрихъ Вёлеръ (1800—1882)	114
41	Яковъ Берцеліусъ (1779—1848)	115
42	Лабораторія Либиха въ Гиссенѣ	118
43	Химическая лабораторія Берлинскаго университета	119
44	Юстусъ Либихъ (1803—1873)	127
45	Опытъ графа Румфорда	134
46	Джэмсъ Прескоттъ Джауль (1818—1889)	136
47	Опытъ Джауля	137
48	Юлій Робертъ Майеръ (1814—1878)	139
49	Разрѣзъ стали	154
50	Джонъ Дальтонъ (1766—1844)	162
51	Августъ Кекуле (1829—1896)	185
52	Александръ Михайловичъ Бутлеровъ (1828—1886)	191
53	Марселенъ Бертело (1827—1907)	196
54	Адольфъ Байеръ (р. 1835)	198
55	Эмиль Фишеръ (р. 1852)	200
56	Маркеллъ Ненцкій (1847—1901)	204
57	Станиславъ Костанецкій (1860—1910)	207

Рис.		Стр.
58	Вантъ-Гоффъ и Оствальдъ (1900)	210
59	Яковъ Генрихъ Вантъ-Гоффъ (1852—1911)	212
60	Тетраэдръ	216
61	Два симметричныхъ тетраэдра	216
62	Осмотическое давленіе	220
63	Вильгельмъ Оствальдъ (р. 1853)	224
64	Сванте Арреніусъ (р. 1859)	231
65	Оствальдовская школа	237
66	Торжественное открытіе «Института физической химіи» въ Лейпцигѣ (1897)	239
67	Анри Муассанъ (1852—1907)	248
68	Электрическая печь Муассана въ дѣйствіи	251
69	Искусственные алмазы, изготовленные Муассаномъ	255
70	Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ, профессоръ общей химіи въ концѣ 60-хъ годовъ	263
71	Менделѣевъ въ палатѣ мѣръ и вѣсовъ	268
72	Вильямъ Рамзай (р. 1852)	271
73	Анри Беккерель (1852—1908)	275
74	Супруги Кюри въ лабораторіи	276
75	Пьеръ Кюри (1859—1906)	277
76	Марія Кюри-Склодовская (р. 1867)	278
77	Смоляная руда изъ Іоахимсталя	280
78	Радіограммма кошелька съ деньгами	284
79	Распредѣленіе лучей радія въ магнитномъ полѣ	293
80	Радіевые часы Стретта (діаграмма)	296
81	Снимокъ радіевыхъ часовъ	296
82	Спинтарископъ Крукса (діаграмма)	300
83	» » (снимокъ)	300

ЛЕКЦІЯ I

Химія у древнихъ народовъ. — Начала алхиміи.

Содержаніе: Естественныя и бумажныя науки. — Народные университеты на Западѣ. — Цѣль нашихъ собраній. — Гдѣ и когда зародилась химія. — Изобрѣтеніе огня. — Эпохи человѣчества. — Металлы. — Золото и желѣзо. — Какъ дѣлались изобрѣтенія въ древности. — Египетскіе стекольщики. — Философія Грековъ. — Аристотель. — Начало науки объ элементахъ. — Галенъ. — Элементы человѣка. — Философскій камень. — Моисей — первый алхимикъ. — Истинные зачатки вѣры въ превращеніе металловъ. — Происхожденіе названія алхиміи. — Геберъ.

Мм. Гг.

Счастливая, невозвратная пора дѣтства неразрывно связана въ моемъ воспоминаніи съ чувствомъ непріязни къ школѣ; не къ преподавателямъ, среди которыхъ были способные педагоги и выдающіяся личности, — обреченные на гибель остатки минувшей эпохи, — а именно къ самой школѣ, къ ея системѣ обученія и воспитанія. Надо сознаться, что ради родителей и опасаясь наказанія я добросовѣстно исполнялъ всѣ свои ученическія обязанности, но въ сущности гораздо охотнѣе проводилъ бы время съ товарищами на свободѣ.

Но вотъ по окончаніи гимназіи, я отправился въ Лейпцигскій университетъ. Здѣсь сразу измѣнилось положеніе дѣлъ. Вдали отъ зоркаго родительскаго ока, ничѣмъ не стѣсняемый, я былъ прилежнымъ студентомъ, хотя право слушанія лекцій оплачивалось довольно значительной суммой, а, какъ извѣстно, для юноши открыты многочисленные пути использованія имѣющейся наличности. Признаюсь чистосердечно, что въ данномъ случаѣ мною руководило не сознаніе обязанности, а искреннее желаніе учиться.

Чѣмъ объяснить такую внезапную перемѣну?

Причину ея можно искать либо во мнѣ самомъ, либо въ предметѣ моихъ занятій. Трудно повѣрить, чтобы въ человѣкѣ произошла такая рѣзкая перемѣна, вѣроятнѣе всего она явилась слѣдствіемъ разницы въ характерѣ преподаваемыхъ мнѣ наукъ. Эту разницу охарактеризовалъ въ свойственной ему рѣзкой формѣ одинъ ученый, дѣятельность котораго, какъ увидимъ дальше, оказала рѣшительное вліяніе на развитіе современной химіи; онъ раздѣлилъ весь комплектъ наукъ на 2 категоріи: естественныхъ и бумажныхъ наукъ.

Примѣняя эту характеристику къ данному вопросу, мы можемъ назвать бумажными большинство предметовъ, преподаваемыхъ въ средней школѣ, предметы же университетскихъ лекцій отнести преимущественно къ естественнымъ наукамъ. Конечно, понятіе естественныхъ наукъ здѣсь слѣдуетъ понимать въ гораздо болѣе широкомъ смыслѣ, чѣмъ принято въ общежитіи, а именно, нужно причислить къ нимъ не только науку объ окружающей насъ живой и мертвой природѣ, но также науку о человѣкѣ, какъ частицѣ природы, о его душѣ, объ исторіи человѣчества, о взаимныхъ отношеніяхъ людей и т. д.

Къ сожалѣнію, это познаніе, какъ и многія другія прекрасныя цѣли, не легко достигается. Желая проникнуть въ область естественныхъ наукъ, необходимо пройти длинный, тернистый путь бумажныхъ наукъ. Горе тому, кто пытается обойти этотъ путь и стремится къ той же цѣли по другому, болѣе короткому и простому: непроходимымъ препятствіемъ на его пути будетъ отсутствіе аттестата «зрѣлости».

Однако въ Западной Европѣ издавна уже пришли къ убѣжденію, что этому необходимо помочь. Особенно въ послѣднія десятилѣтія, когда, благодаря своему блестящему развитію, естественныя науки стали необходимой составной частью всякаго общаго образованія, все сильнѣе замѣчается стремленіе распространять результаты этихъ наукъ среди широкихъ слоевъ общества. Такимъ образомъ появились на Западѣ и въ Америкѣ тѣ разсадники общедоступныхъ знаній, которые подъ именемъ народныхъ университетовъ за весьма непродолжительное время пріобрѣли себѣ право гражданства. Цѣль ихъ — дать возможность ознакомиться съ плодами современной науки

и тѣмъ лицамъ, которыя этого желаютъ не изъ матеріальныхъ расчетовъ, а для удовлетворенія жажды истины.

Ту же цѣль преслѣдовала комиссія, устроившая настоящія лекціи. Она не представляетъ пока народнаго университета въ западно-европейскомъ смыслѣ слова, но является зародышемъ, изъ котораго онъ можетъ развиться нашими совмѣстными усиліями.

Очевидно, что когда рѣчь идетъ о естественныхъ наукахъ, нельзя оставить безъ вниманія химію, какъ самую основную отрасль точныхъ наукъ и вмѣстѣ съ тѣмъ наиболѣе пренебрегаемую въ средней школѣ. Но въ то время какъ остальныя естественныя науки ставятъ сравнительно скромныя требованія, химія является наиболѣе требовательной изъ нихъ. Она не довольствуется кружкомъ слушателей и лекціоннымъ заломъ.

Для лекціи ей необходима природа: не свободная природа, лѣса и луга, горы и долины, а природа, побѣжденная человѣкомъ и заключенная въ бутылочки и реторты, та природа, которую мы получаемъ въ химической лабораторіи.

Вотъ почему Вы, Мм. Гг., приглашены въ это зданіе, гдѣ цѣлыя поколѣнія собирали приборы для собственныхъ изслѣдованій и для обученія другихъ.

Привѣтствуя Васъ, Мм. Гг., въ этомъ храмѣ науки, я вмѣстѣ съ тѣмъ пользуюсь случаемъ, чтобы выразить благодарность Правленію Политехническаго Института и Завѣдующему Лабораторіей за любезное предоставленіе въ наше пользованіе зала, равно какъ всѣхъ приборовъ и матеріаловъ, необходимыхъ при обученіи химіи.

А теперь позвольте мнѣ перейти къ собственной цѣли нашихъ собраній: къ изученію тѣхъ вопросовъ, какіе должна рѣшить химія, средствъ, примѣняемыхъ при этой работѣ, и получаемыхъ изъ нея результатовъ. Этой цѣли можно достигнуть двумя главными путями.

Для перваго — исходной точкой является окружающая насъ природа: изслѣдуя подробно происходящія въ ней химическія явленія, мы открываемъ общіе законы, которымъ эти явленія подчиняются. Второй путь обращается къ покрытымъ мракомъ началамъ человѣческаго познанія и, изученіемъ постепеннаго

развитія химическихъ свѣдѣній и понятій, достигаетъ современнаго состоянія науки.

Оба пути ведутъ къ той же цѣли. Каждый изъ нихъ имѣетъ свои преимущества и свои недостатки. Оба они взаимно дополняютъ другъ друга и, сравнивая ихъ, мы можемъ составить себѣ ясное понятіе о сущности каждаго изъ нихъ.

Прежде всего является вопросъ, къ какой эпохѣ человѣческой исторіи слѣдуетъ отнести появленіе химіи.

Отвѣтъ на этотъ вопросъ, очевидно, зависитъ отъ нашего взгляда на химію.

Если мы, слѣдуя общепринятой терминологіи, будемъ называть химіей способность вызывать химическія превращенія, то необходимо прійти къ заключенію, что химія не имѣетъ вовсе начала, ибо химическія явленія происходятъ безпрерывно не только въ человѣческомъ организмѣ, но и во всѣхъ животныхъ организмахъ, во всѣхъ растеніяхъ, не исключая и мельчайшихъ существъ; при томъ явленія эти чрезвычайно сложны. Прекращеніе этихъ явленій означаетъ смерть. Тѣмъ не менѣе никто вѣдь не станетъ утверждать, что всѣмъ живымъ существамъ знакома химія.

Дѣло въ томъ, что всѣ эти превращенія мы совершаемъ безсознательно; въ процессѣ пищеваренія, выдѣленія соковъ и прочихъ явленіяхъ наша воля не принимаетъ участія.

Итакъ, необходимо измѣнить содержаніе даннаго вопроса. Необходимо искать начала химіи тамъ, гдѣ впервые встрѣчаются сознательно вызванныя химическія явленія; но даже при такой измѣненной постановкѣ вопроса, мы должны обратиться къ отдаленному прошлому гораздо глубже, чѣмъ проникаютъ историческія сказанія.

Первое химическое явленіе, сознательно примѣненное человѣкомъ, — это огонь, горѣніе. Открытіе этого могучаго фактора цивилизаціи относится, безъ сомнѣнія, къ самой древней эпохѣ развитія человѣческаго рода. Какимъ образомъ оно совершилось, — относительно этого мы можемъ лишь высказывать произвольныя предположенія.

Извѣстный греческій миѳъ приписываетъ изобрѣтеніе огня Прометею, человѣку божественнаго происхожденія. Благодаря этому благородному происхожденію, онъ, какъ впрочемъ многіе

изъ его современниковъ, пользовался правомъ пребывать среди боговъ. Но и съ людьми онъ былъ связанъ крѣпкими узами. Прометей похитилъ огонь у боговъ и приподнесъ его въ даръ человѣчеству. За это боги жестоко отомстили ему.

Прикованный къ скаламъ Кавказа, онъ сталъ жертвой орла, который безпрестанно клюетъ его все вновь вырастающую печень.

Это, конечно, сказка, какихъ не мало. Но если мы попытаемся найти въ ней слѣды дѣйствительности, то придется заключить, что первый огонь сошелъ на землю съ неба. И вполнѣ вѣроятнымъ окажется, что онъ снизошелъ въ видѣ молніи, которая вызвала пожаръ одного изъ первобытныхъ лѣсовъ, покрывавшихъ въ то время значительную часть суши. И дѣйствительно, геологическія изслѣдованія свидѣтельствуютъ о многочисленныхъ пожарахъ въ доисторическій періодъ и тѣмъ подтверждаютъ сдѣланное выше предположеніе.

Не подлежитъ сомнѣнію, что первобытный человѣкъ вскорѣ узналъ благодѣтельную силу огня, покореннаго и оберегаемаго человѣкомъ; воспользовавшись случаемъ, онъ построилъ мѣста для постояннаго сохраненія огня. Воспоминаніемъ этого знаменательнаго историческаго факта являются храмы древнихъ весталокъ, литовскіе алтари Знича и множество обычаевъ, сохранившихся до настоящаго времени у европейскихъ народовъ. Искусство добыванія огня, конечно, гораздо болѣе поздняго происхожденія, хотя въ настоящее время оно въ болѣе или менѣе первобытномъ видѣ извѣстно даже самымъ дикимъ народамъ, которые прибѣгаютъ къ тренію двухъ кусковъ дерева или высѣкаютъ искру изъ камня.

Послѣ этого чрезвычайно важнаго изобрѣтенія, давшаго людямъ возможность защиты отъ холода и болѣе раціональнаго приготовленія пищи, протекли цѣлыя столѣтія, пока химическія знанія подвинулись впередъ. Человѣкъ въ ту пору не былъ требователенъ. Жилъ онъ въ пещерахъ, питался дичью, пойманной на охотѣ, одѣвался въ шкуры убитыхъ животныхъ. Матеріаломъ для выдѣлки предметовъ домашняго обихода, инструментовъ, необходимыхъ для этихъ издѣлій, и, наконецъ, для идоловъ, которыхъ, впрочемъ, люди болѣе опасались, чѣмъ по-

читали, служилъ, главнымъ образомъ, камень. Раскопки послѣдняго времени, рисуя намъ полную картину культуры той эпохи, свидѣтельствуютъ о томъ, что кромѣ дерева и кости, камень былъ единственнымъ матеріаломъ, примѣнявшимся для самыхъ разнообразныхъ цѣлей, отчего и вся эта эпоха получила въ геологіи и антропологіи названіе «каменнаго вѣка».

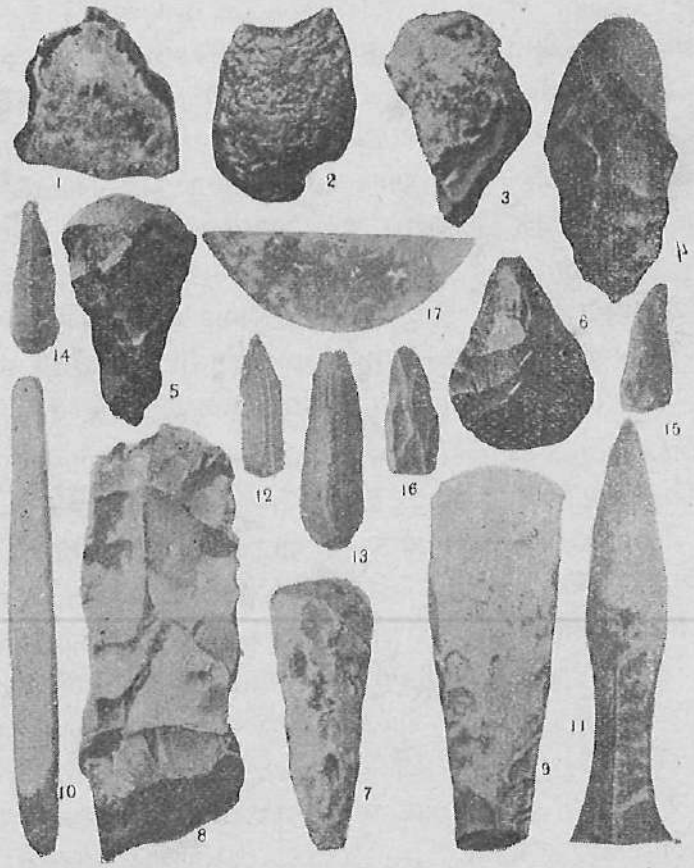


Рис. 1. Каменнные инструменты доисторической эпохи человѣчества.

И вполнѣ естественно, такъ какъ природа доставляетъ намъ камни въ состояніи, годномъ для непосредственнаго употребленія; камень требуетъ лишь механической обработки, а не химическаго воздѣйствія. Но по мѣрѣ того, какъ стали возростать нѣкоторыя потребности въ роскоши, появилось стремленіе примѣнять и другіе матеріалы для выдѣлки инструментовъ, оружія и предметовъ украшенія. И такимъ образомъ, вѣроятно, возникли случайныя попытки увеличить число этихъ матеріаловъ посредствомъ превращенія однихъ веществъ въ другія.

Изъ числа веществъ подобнаго рода, существующихъ въ природѣ не въ видѣ, пригодномъ для непосредственнаго употребленія, но требующихъ искусственной обработки, главное значеніе имѣютъ металлы. Открытіе и примѣненіе отдѣльныхъ металловъ оказало столь рѣшительное вліяніе на ходъ культуры человѣческаго рода, что антропологи сочли возможнымъ назвать ихъ именами эпохи, слѣдующія за каменной. И такимъ образомъ произошли названія «бронзоваго» и «желѣзнаго» вѣка, по металламъ, вошедшимъ тогда въ употребленіе.

Какая изъ этихъ двухъ эпохъ была раньше,—на этотъ вопросъ наука еще не отвѣтила положительно. Въ прежнія времена считали болѣе ранней бронзовую эпоху, въ новѣйшее же время были приведены вѣскія доказательства въ пользу старшинства желѣзной эпохи. Впрочемъ, возможно, что обѣ эти эпохи въ различныхъ мѣстностяхъ слѣдовали одна за другой не въ одномъ и томъ же порядкѣ.

Число металловъ, извѣстныхъ уже доисторическому человѣку, невелико. И это вполнѣ понятно. Но замѣчательно то, что число этихъ извѣстныхъ металловъ осталось безъ измѣненія вплоть до среднихъ вѣковъ. Ни древнія времена, ни первые вѣка послѣ Рождества Христова не прибавили ни одного новаго металла. Вообще, можно сказать, что практическія свѣдѣнія изъ области химіи не подвинулись до IV-го вѣка послѣ Р. Х. изъ того состоянія, въ которомъ они находились, примѣрно, въ древнемъ Египтѣ.

Полагаю, что не будетъ слишкомъ трудно запомнить эти металлы. Вотъ они:

золото, серебро, мѣдь, желѣзо, олово, свинецъ, ртуть.

Кромѣ того были извѣстны и нѣкоторые сплавы мѣди: сплавъ мѣди съ оловомъ—бронза, и сплавъ мѣди съ цинкомъ—латунь.

Безспорно раньше другихъ металловъ было извѣстно золото, признанное королемъ металловъ. Этотъ металлъ находится въ природѣ въ свободномъ состояніи и не требуетъ, подобно другимъ металламъ, заводской обработки. Древнѣйшія золотыя копи находились въ Нубіи и Индіи, гдѣ этотъ металлъ встрѣчается въ видѣ осѣвшихъ въ камняхъ прекрасныхъ блестящихъ кристалловъ, или же въ видѣ мелкихъ зеренъ, перемѣшанныхъ съ рѣчнымъ пескомъ.

Отдѣленіе зернышекъ золота отъ песка совершается посредствомъ весьма простой манипуляціи, извѣстной подъ названіемъ промывки. Вотъ у меня въ бутылочкѣ искусственно приготовленная смѣсь песка съ мѣдными опилками. Если эту смѣсь всыпать въ высокій цилиндръ, наполненный водою, то прежде всего на дно осѣдаетъ мѣдь, какъ болѣе тяжелая, а затѣмъ только песокъ, смотря по толщинѣ зеренъ. Пропуская черезъ цилиндръ струю воды изъ водопровода, можно выполоскать песокъ и получить чистый мѣдный порошокъ, который вы видите передъ собою.

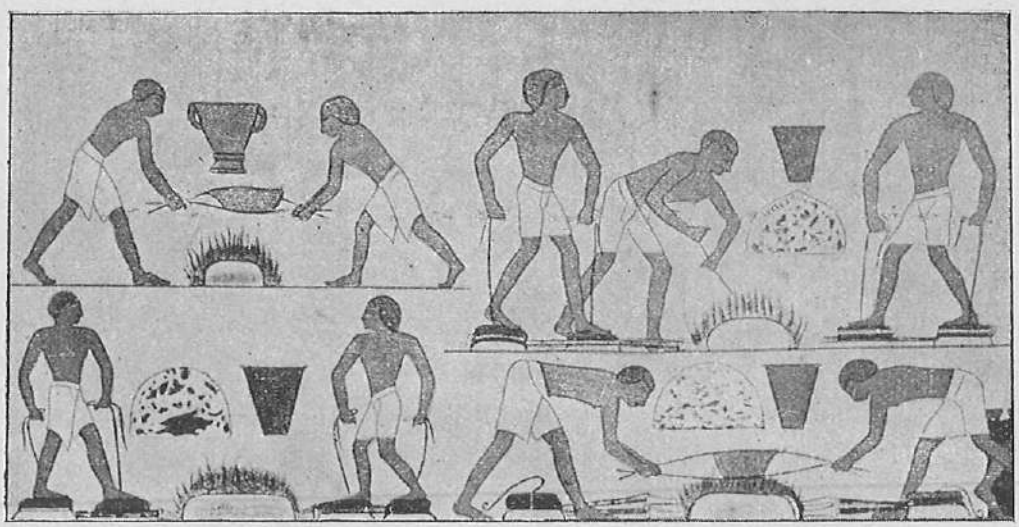


Рис. 2. Выплавка золота въ древнемъ Египтѣ.

Такимъ же приблизительно образомъ происходила промывка золота въ тѣ отдаленныя времена. И точно такъ же она совершается еще и въ настоящее время въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ этотъ методъ промывки не замѣненъ другими, болѣе точными, химическими методами.

Итакъ, полученіе золота не представляло большихъ затрудненій. Равно и плавленіе совершалось весьма простымъ способомъ въ маленькихъ плоскихъ печахъ, въ которыя помощью мѣховъ вдувался воздухъ для полученія болѣе высокой температуры.

Многимъ изъ васъ, Мм. Гг., неоднократно приходилось слышать про этотъ «золотой вѣкъ» человѣчества. Съ этимъ ста-

риннымъ преданіемъ связана вѣра въ то, что золотой періодъ еще вернется на землю. Какое вліяніе оказала эта вѣра на дальнѣйшую судьбу химіи,—вскорѣ обнаружится. Въ дѣйствительности же этотъ періодъ, должно быть, отличался большимъ убожествомъ. Люди этой эпохи испытывали, вѣроятно, то же чувство нужды, какое испытывалъ король Мидасъ, котораго, согласно греческому миѳу, богъ солнца одарилъ способностью превращать своимъ прикосновеніемъ всѣ предметы въ золото. Когда король одѣвался, одежда его превращалась въ золото, подавлявшее его своею тяжестью; пища, къ которой онъ прикасался, становилась золотомъ, непригоднымъ для ѣды. И вотъ король, бѣдный богачъ, сталъ просить бога солнца взять у него обратно даръ, къ которому онъ такъ стремился. Просьба его была исполнена, но въ наказаніе и назиданіе Мидасъ получилъ ослиныя уши. Его судьба, однако, не удержала многихъ другихъ людей отъ погони за той же утопіей.

Значитъ, и люди «золотого вѣка» не были особенно счастливы. И подлинно: золото—весьма почтенный металлъ, пока хранится въ шкапахъ; но оно менѣе другихъ металловъ пригодно для обыденнаго употребленія. Въ этомъ отношеніи желѣзо обладаетъ гораздо болѣе цѣнными свойствами. Но этотъ столь важный въ культурномъ отношеніи металлъ рѣдко встрѣчается въ природѣ въ чистомъ состояніи. Единственнымъ источникомъ природнаго желѣза являются метеориты, осколки небесныхъ тѣлъ, падающіе по временамъ на землю. Метеорное желѣзо, по всей вѣроятности, впервые познакомило людей съ цѣнными свойствами этого металла.

На это указываетъ хотя-бы египетское названіе желѣза «baaenepe» (что означаетъ: небеснаго происхожденія) и греческое слово «σίδηρος». Однако, количество природнаго желѣза весьма незначительно. Большая его часть получается изъ рудъ помощью заводскихъ процессовъ, и среди этихъ рудъ наиболѣе важной является магнитная желѣзная руда.

Превращеніе этой руды въ желѣзо представляетъ довольно сложный химическій процессъ, при которомъ въ настоящее время заняты сотни тысячъ людей. Въ тѣ отдаленныя времена, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, онъ совершался на открытомъ огнѣ, отчасти также въ плоскихъ печахъ, питаемыхъ воздухомъ изъ

мѣховъ. Въ этихъ печахъ нагрѣвали руду съ дровами и получали, смотря по способу производства этой операціи, желѣзо или сталь.

Древній Египетъ особенно изобиловалъ подобнаго рода печами, на что указываетъ слѣдующій отрывокъ изъ Ветхаго Завѣта: «Васъ же взялъ Господь и вывелъ изъ желѣзной печи, т. е. изъ Египта». Новѣйшія раскопки, произведенныя Флиндерсомъ-Петри, позволяютъ предполагать, что желѣзо было извѣстно египтянамъ уже за 3400 лѣтъ до Р. Х.



Рис. 3. Оружіе и предметы украшенія изъ бронзы.

Кромѣ желѣза, важнѣйшими металлами являлись мѣдь и олово, а также сплавъ обрихъ — бронза, первый извѣстный металлическій сплавъ. Они также не находятся въ природномъ состояніи, а получаются изъ рудъ помощью заводскихъ процес-

совъ, не отличающихся существенно отъ процессовъ полученія желѣза и стали. Что же касается въ частности бронзы, то всѣмъ извѣстно, какимъ распространеніемъ она пользовалась въ древности, да пользуется еще и въ настоящее время, для выдѣлки предметовъ искусства. Такимъ образомъ, этотъ сплавъ имѣлъ выдающееся значеніе въ развитіи культуры.

Перечисленные раньше металлы вмѣстѣ съ небольшимъ числомъ производныхъ тѣлъ, получаемыхъ сжиганіемъ металловъ на воздухѣ, или сплавленіемъ съ сѣрой, или же, наконецъ, дѣйствіемъ на нихъ уксуса въ холодномъ состояніи, — исчерпываютъ почти совершенно количество тѣлъ, которыя люди въ тѣ времена умѣли приготовлять искусственнымъ путемъ. Они служили для различныхъ цѣлей, главнымъ образомъ для лѣченія и придаванія искусственной красоты. Такъ, напримѣръ, свинцовыя бѣлила и киноварь примѣнялись прекраснымъ поломъ древняго Рима въ качествѣ бѣлилъ и румянъ.

Какъ видимъ, практическія свѣдѣнія изъ области химіи были у древнихъ народовъ, не исключая даже грековъ и римлянъ, весьма ограничены.

Ихъ небольшой объемъ покажется намъ особенно поразительнымъ, если обратимъ вниманіе на то, что количество тѣлъ, извѣстныхъ намъ въ настоящее время и приготовляемыхъ искусственно, составляетъ сотни тысячъ, число же тѣлъ, которыя мы по желанію всегда въ состояніи образовать, хотя и не знаемъ ихъ, — почти неограничено.

Сопоставляя всѣ эти данныя, мы можемъ сказать, что о химіи, какъ наукѣ, у древнихъ народовъ не могло быть и рѣчи. Она представляла собой ремесло, которымъ случайно занимались отдѣльныя личности, передавая его по традиціи изъ поколѣнія въ поколѣніе. И въ этомъ именно обстоятельствѣ можно усматривать причину того, что греки, питавшіе отвращеніе ко всякимъ ремесламъ, такъ мало занимались химіей.

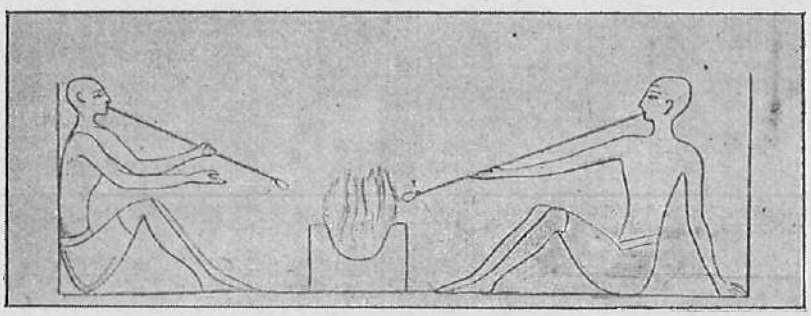
Преданіе объ изобрѣтеніи стекла, разсказанное Плиніемъ Старшимъ, не соотвѣтствуетъ, правда, дѣйствительности, но все же весьма характерно для выясненія того, какимъ способомъ въ то время дѣлались изобрѣтенія. По Плинію, стекло было изобрѣтено финикіянами. Финикійскій корабль, нагруженный содою, причалилъ во время бури къ устью рѣки Бела. Такъ какъ

на морскомъ берегу не было камней, то котлы для приготовленія пищи были установлены на кускахъ соды. Каково же было изумленіе моряковъ, когда послѣ обѣда они нашли въ пескѣ прозрачную стеклянную массу.

Ловкіе финикійскіе купцы примѣнили это случайное открытіе для приготовленія стекла. И дѣйствительно, песокъ изъ устьевъ рѣки Бела долгое время считался самымъ подходящимъ для выдѣлки стекла. Имъ пользовались не только появившіеся на мѣстѣ стеклянные заводы, но и много другихъ заводовъ.

Эта исторія, какъ и много другихъ свѣдѣній, разсказанныхъ древними писателями, не заслуживаетъ довѣрія. Но не подлежитъ сомнѣнію, что искусство полученія и выдуванія стекла было извѣстно уже египтянамъ, о чемъ свидѣтельствуютъ найденныя на древнихъ памятникахъ изображенія людей, выдувающихъ стекло.

Такимъ образомъ, случай былъ единственнымъ источникомъ



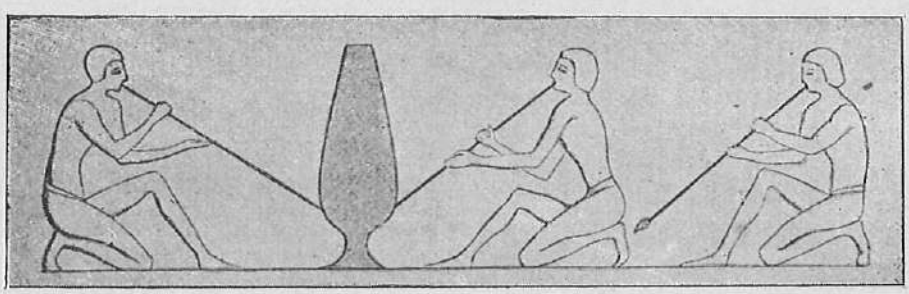


Рис. 4. и 5. Древнеегипетскіе стеклодувы.

химическихъ знаній древнихъ народовъ, и это продолжалось до тѣхъ поръ, пока появились первыя попытки сопоставленія единичныхъ фактовъ въ одно цѣлое, первыя попытки научнаго

объясненія химическихъ явленій. Первые зачатки научной мысли должны были зародиться въ древнемъ Египтѣ.

Тщательныя изслѣдованія египетскихъ пирамидъ и въ частности знаменитой пирамиды Хеопса обнаружили поразительныя научныя свѣдѣнія этого народа.

Но въ Египтѣ наука была не общимъ достояніемъ, а преимуществомъ одного лишь класса — духовенства. Жрецы старались изъ корыстныхъ интересовъ держать ее въ строжайшей тайнѣ съ цѣлью изумлять невѣжественный народъ мнимыми чудесами и колдовствомъ.

Такимъ образомъ, вмѣстѣ съ исчезновеніемъ этой касты исчезла и ихъ наука. И только демократизація науки дала ей возможность дальнѣйшаго развитія. А что въ Египтѣ именно слѣдуетъ искать источникъ всѣхъ научныхъ знаній древняго міра, а слѣдовательно, и начала химіи, — объ этомъ свидѣтельствуетъ тотъ фактъ, что всѣ греческіе философы и ученые пріобрѣтали знанія въ путешествіяхъ, конечной цѣлью которыхъ былъ всегда Египетъ. Они прибывали туда, подобно юношѣ изъ баллады Шиллера, влекомому въ Саисъ искреннимъ стремленіемъ къ знанію.

Здѣсь они старались заслужить довѣріе духовенства, и пріобрѣтенныя свѣдѣнія привозили затѣмъ на родину; этимъ путемъ таинственная египетская наука была занесена въ Грецію, а оттуда въ Римъ.

Греки были гораздо демократичнѣе египтянъ; они охотно распространяли свои знанія, основывали училища, писали сочиненія, сохранившіяся, какъ свидѣтельство ихъ образованности.

Самымъ выдающимся изъ греческихъ философовъ природы былъ безспорно Аристотель, родившійся въ Стагирѣ въ 384 г. и умершій въ 332 г. до Р. Х.

Въ своихъ сочиненіяхъ онъ старался объединить и обобщить всю естественную науку того времени. Вліяніе его сочиненій и слѣпая вѣра въ ихъ безошибочность удержались вплоть до конца среднихъ вѣковъ, что въ сильной мѣрѣ тормазило развитіе свободной науки, которая не признаетъ ни догмъ, ни безошибочныхъ авторитетовъ.

Прежде всего Аристотель является отцомъ ученія о четырехъ элементахъ природы. Хотя въ понятіи Аристотеля элементъ

представлялъ нѣчто совершенно отличное отъ того, что подъ этимъ именемъ подразумѣваетъ современная наука, все же происхожденіе этого понятія чрезвычайно характерно для выясненія первоначальнаго пониманія природы.

Съ точки зрѣнія наивнаго аристотелевскаго эмпиризма источникъ нашихъ впечатлѣній составляютъ не тѣла, а ихъ свойства. И именно свойства тѣлъ дѣйствуютъ на наши чувства. Аристотель различаетъ четыре первоначальныхъ свойства, названныхъ имъ элементами:

тепло, холодъ, сухость, влажность.

Отъ соединенія этихъ свойствъ въ различныхъ взаимныхъ отношеніяхъ получаются всевозможныя тѣла съ самыми разнообразными частными свойствами. Напримѣръ:

тепло + сухость = огонь
тепло + влажность = воздухъ
холодъ + сухость = земля
холодъ + влажность = вода.

Огонь, воздухъ, земля и вода — вотъ тѣ тѣла, которыя часто принято называть элементами Аристотеля; какъ видно изъ изложеннаго, это невѣрно, такъ какъ Аристотель считалъ элементами не тѣла, а свойства тѣлъ.

На основаніи теоріи четырехъ элементовъ Аристотелю удалось объяснить нѣкоторыя явленія природы, напримѣръ, кипяченіе воды.

Изъ повседневнаго опыта извѣстно, что вода, будучи нагрѣта, начинаетъ кипѣть и, наконецъ, улетучивается. Аристотель считалъ кипѣніе превращеніемъ воды въ воздухъ и объяснялъ это явленіе тѣмъ, что вода, тѣло влажное и холодное, отъ нагрѣванія превращается въ тѣло влажное, но теплое, а этому условію, какъ видно изъ приведенной таблицы, соотвѣтствуетъ воздухъ.

Было, правда, достаточно явленій и фактовъ, не умѣщавшихся въ приведенной схемѣ, но это по взглядамъ греческаго философа не могло поколебать достоинства его теоріи, такъ какъ по тогдашнимъ воззрѣніямъ не мысль должна была приспособляться къ природѣ, а, напротивъ, природа должна была подчиниться человѣческой мысли. Но, несмотря на это, даже самъ Аристотель не могъ не признать, что число элементовъ

слишкомъ мало. И вскорѣ онъ присоединилъ къ извѣстнымъ четыремъ элементамъ еще одинъ—неопредѣленный. Этотъ элементъ получилъ названіе пятаго элемента, по-латыни quinta essentia. Отсюда произошло впослѣдствіи выраженіе квинтэссенція, игравшее важную роль въ изысканіяхъ средневѣковыхъ алхимиковъ и сохранившееся до настоящаго времени. Въ системѣ Аристотеля оно обозначало нѣчто духовное, нѣчто въ родѣ эѳира.

Въ примѣненіи къ человѣку теорію природы Аристотеля усовершенствовалъ греческій врачъ Клавдій Галенъ, родившійся въ 121 г. послѣ Р. Х. По его взглядамъ, человѣкъ состоитъ изъ тѣхъ же четырехъ элементовъ, какъ и прочія тѣла природы. Въ здоровомъ организмѣ эти элементы должны находиться въ строго опредѣленномъ отношеніи. Горе тому, у кого является излишекъ, или недостатокъ какого-либо изъ нихъ.

Послѣдствія такого неправильнаго отношенія ощущаются весьма непріятно въ видѣ различныхъ болѣзней и недуговъ. Отсюда вытекаетъ простой способъ лѣченія послѣднихъ: слѣдуетъ только искусственно ввести въ организмъ тотъ элементъ, недостатокъ котораго вызвалъ болѣзнь. Вотъ первая попытка уяснить себѣ сущность болѣзней и первое начало раціональнаго лѣченія. Воззрѣнія Галена отразились въ ученіи о темпераментахъ: флегматическомъ, сангвиническомъ, холерическомъ и меланхолическомъ. Это ученіе пережило философію Аристотеля и, какъ увидимъ впослѣдствіи, пользовалось одобреніемъ врачебныхъ сферъ еще въ началѣ новѣйшаго времени.

Въ настоящее время насъ удивляетъ дѣтская наивность людей науки того времени, строившихъ смѣлыя теоріи и философскія системы, не заботясь нисколько о тѣхъ многочисленныхъ опроверженіяхъ, которыя эти теоріи встрѣчали въ жизни. Но не подлежитъ сомнѣнію, что эти первые зачатки химическихъ знаній представляли тотъ зародышъ, изъ котораго впослѣдствіи выросли великія дѣла, поражающія насъ въ настоящее время. Правда,—я обращаю на это ваше особенное вниманіе,—это развитіе химическихъ знаній стало возможнымъ не благодаря дальнѣйшей разработкѣ идей Аристотеля, не благодаря философіи и метафизикѣ, но благодаря исканію новыхъ основныхъ фактовъ открытію новыхъ тѣлъ и усовершенствованію способовъ превращенія однихъ тѣлъ въ другія. Стремленіе распространить прак-

тическія знанія химіи не могло появиться безъ матеріальнаго импульса. Это стремленіе не выразилось бы со столь непреодолимой силой, если бы не было манящей цѣли, для достиженія которой геній и талантъ не щадили труда. Химическое искусство должно было изъ случайныхъ попытокъ превратиться въ планомѣрную дѣятельность. И вотъ возникаетъ ясно выраженная, заманчивая цѣль этой науки подъ именемъ «философскаго камня».

Что же представлялъ собою этотъ камень? Почему къ нему такъ стремились и какими путями старались его найти?

Собственно говоря, это былъ не камень, а жидкость, нѣкотораго рода элексиръ, обладающій чудодѣйственными свойствами. Главное его свойство заключалось въ томъ, что незначительной доли этого элексира было будто бы достаточно для превращенія безконечно большихъ количествъ неблагородныхъ металловъ, какъ-то желѣза, мѣди и др. въ благородные,—въ золото и серебро. Болѣе того: философскій камень будто-бы лечилъ болѣзни, одарялъ употреблявшихъ его долговѣчностью, злыхъ людей превращалъ въ добрыхъ, грѣшниковъ въ добродѣтельныхъ, скупцовъ въ тароватыхъ. Онъ дѣлалъ глупцовъ умными, печаль замѣнялъ весельемъ. Воистину, это былъ драгоцѣнный элексиръ! И не удивительно, что господствовавшая тогда абсолютная вѣра въ его дѣйствительное существованіе возбудила въ столькихъ людяхъ непреодолимое желаніе пріобрѣсти его какой-бы то ни было цѣною. Какимъ образомъ появилась эта вѣра? Откуда и когда пришла? Позднѣйшіе алхимики—такъ назывались искатели этого драгоцѣннаго камня—старались, подобно получившимъ дворянство выскочкамъ, вывести свое происхожденіе отъ древнѣйшихъ поколѣній, охотнѣе всего отъ библейскихъ личностей.

Такъ, еще Моисей былъ алхимикомъ, такъ какъ онъ превратилъ горькую воду пустыни въ сладкую, а также потому, что, разсердившись на дѣтей Израиля, превратилъ ихъ золотого тельца въ жидкость, которую велѣлъ имъ пить. Кто былъ въ состояніи золотого тельца превратить въ жидкость, тотъ можетъ и обратно изъ жидкости получить золото, и вотъ имѣемъ алхимика.

Не останавливаясь однако на подобнаго рода шуткахъ, которыя, впрочемъ, въ средніе вѣка принимались серьезно,—мы въ правѣ утверждать, что мысль о превращеніи металловъ въ зо-

лото должна была существовать издавна. Мечта о пришествіи на землю золотого вѣка отражается, какъ мы видѣли, въ самыхъ разнообразныхъ сказаніяхъ доисторическихъ временъ. Но и факты, казалось, доставляли вѣскія доказательства возможности осуществленія этой мысли. Прежде всего—образованіе металлическихъ сплавовъ.

Нагрѣвая въ этомъ фарфоровомъ тиглѣ смѣсь 9 частей мѣди и 1 части олова, я получаю сплавъ, обладающій, какъ вы видите, совершенно другими, а именно, болѣе цѣнными свойствами, чѣмъ мѣдь или олово. Послѣ шлифовки этотъ сплавъ пріобрѣтаетъ блескъ на подобіе блеска золота.

Этотъ сплавъ есть бронза, о значеніи которой въ развитіи культуры древнихъ народовъ я уже упомянулъ, и которая и по настоящее время не утратила своего значенія. Но въ то время, какъ мы теперь знаемъ, что бронза и другіе сплавы представляютъ собою не чистые металлы, а смѣси, въ то время, какъ мы теперь въ теоріи и практикѣ рѣзко отличаемъ эти сплавы отъ ихъ составныхъ частей,—въ древности не сознавали въ достаточной мѣрѣ этой разницы и разсматривали превращеніе мѣди въ бронзу, какъ процессъ, посредствомъ котораго этотъ металлъ какъ бы облагораживается.

Ученіе Аристотеля объ элементахъ придало вѣрѣ въ превращеніе металловъ ореолъ научной истины. Ибо, согласно этому ученію, существенными составными частями всѣхъ тѣлъ являются ихъ различныя свойства; такимъ образомъ, лишая тѣло нѣкоторыхъ свойствъ и сообщая ему другія, можно превратить одно тѣло въ другое. И вотъ это именно ученіе до нѣкоторой степени указало путь къ цѣли, которая въ настоящее время вполнѣ справедливо признается нами недостижимой. Методъ, примѣнявшійся повсюду адептами ученія объ изготовленіи золота, сводился къ тому, чтобы посредствомъ различныхъ химическихъ операцій отдѣлить свойства отъ веществъ, и затѣмъ эти свойства сообщать въ любомъ количествѣ другимъ веществамъ. Такимъ образомъ, процессъ изготовленія золота былъ въ сущности лишь отдѣленіемъ и очищеніемъ различныхъ тѣлъ. Мы вскорѣ убѣдимся, какія серьезныя послѣдствія повлекло за собою это невинное занятіе.

Искусство выдѣлыванія золота было не ново. Попытки

въ этомъ направленіи можно замѣтить уже у египетскихъ жрецовъ. Въ болѣе отчетливой формѣ онѣ выступили въ первые вѣка послѣ Р. Х. среди ученыхъ знаменитой Александрійской Академіи. Отъ египтянъ и александрійцевъ это искусство перешло къ арабамъ, завоевателямъ этой страны, которые въ первое тысячелѣтіе послѣ Р. Х. оказали рѣшающее вліяніе на всю западно-европейскую цивилизацію.

У арабовъ мы впервые находимъ названіе алхиміи. Къ слову «химія», которое, вѣроятно, египетскаго происхожденія и означаетъ «египетскую науку», они прибавили арабскую приставку «ал».

Человѣкъ, впервые изложившій въ сочиненіяхъ мысль о превращеніи металловъ, а также способы, примѣненные имъ для осуществленія этой мысли, человѣкъ, чьи сочиненія перешли къ потомству, былъ арабскій ученый Геберъ, арабское имя котораго Абу-Мусса-Джафар-аль Софи. Жизнь его покрыта мракомъ неизвѣстности; мы знаемъ лишь то, что во второй половинѣ VIII вѣка онъ преподавалъ медицину въ арабской академіи въ Севильѣ. Повидимому, онъ обладалъ богатымъ запасомъ знаній и недюжиннымъ талантомъ, о чемъ неопровержимо свидѣтельствуютъ сохранившіяся послѣ него сочиненія.

Ему мы обязаны знакомствомъ съ важнѣйшими веществами, реагентами, безъ которыхъ въ настоящее время не можетъ обойтись никакая научная лабораторія, ни одна отрасль химической промышленности: напримѣръ, съ сѣрной и азотной кислотами и царской водкой. Онъ первый научилъ насъ получать искусственнымъ путемъ соли, квасцы, купоросы и т. п.

Геберъ былъ добросовѣстнымъ изслѣдователемъ. Всѣ свои наблюденія онъ описывалъ откровенно и ясно. При томъ онъ былъ до такой степени скроменъ, что никогда не упоминалъ о собственныхъ заслугахъ, объ открытіяхъ, имъ впервые сдѣланныхъ.

Эти оба качества: откровенность и скромность вскорѣ исчезли у его преемниковъ.

ИСТОЧНИКИ.

H. Kopp. Geschichte der Chemie. 4 т. Braunschweig. 1843.

H. Kopp. Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit. 2 т. Heidelberg. 1886.

M. Berthelot. Origines de l'alchimie. Paris. 1885.

M. Berthelot. La chimie au moyen âge. 3 т. Paris. 1893.

L. Beck. Geschichte des Eisens. т. I. Braunschweig. 1884.

F. Strunz. Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig. 1906.

F. Strunz. Naturbetrachtung und Naturerkenntniss im Altertum. Hamburg-Leipzig. 1904.

F. Dannemann. Grundriss der Geschichte der Naturwissenschaften. 2 т. Leipzig. 1902.

A. Ladenburg. Vorträge über die Entwickelungsgeschichte der Chemie. Braunschweig. 1907.

E. v. Meyer. Geschichte der Chemie. Leipzig. 1895.

W. Ostwald. Leitlinien zur Geschichte der Chemie. Leipzig. 1907.

В. Оствальдъ. Путеводныя нити въ химіи. Переводъ подъ редакціей Худякова. Москва. 1908.

E. v. Lippmann. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig. 1906.

Stange. Die Zeitalter der Chemie in Wort und Bild. Leipzig. 1908.

ЛЕКЦІЯ II.

Искусство изготовленія золота. — Аптекари и врачи.

Содержаніе: Взглядъ на прошлое. — Перечисленіе алхимиковъ. — Общая ихъ характеристика. — Ихъ судьба. — Ихъ ошибки. — Методы, примѣнявшіеся ими. — Очищеніе веществъ. — Перечисленіе вновь открытыхъ тѣлъ. — Вліяніе химіи на развитіе теоретическихъ воззрѣній. — Практическія завоеванія. — Изобрѣтеніе фарфора. — Начала врачебной химіи. — Парацельзъ. — Ятрохимики.

Мм. Гг.

Исторія химіи рисуетъ наглядную картину зачатковъ человѣческаго познанія. Къ распространенію знаній побуждаетъ человѣка не стремленіе къ истинѣ (какъ часто утверждаютъ), но мотивы матеріальнаго характера: стремленіе къ удовлетворенію элементарныхъ потребностей. Желаніе устроить свою жизнь удобнѣе и пріятнѣе заставляетъ первобытнаго человѣка пользоваться наблюденіями, навязываемыми ему природою, и такимъ образомъ появляются первые зачатки знанія, какъ прикладной науки.

Многочисленные примѣры доставляютъ намъ промышленность и ремесла древнихъ народовъ, вавилонянъ, ассирійцевъ и египтянъ.

Но по мѣрѣ возростанія количества и разнообразія этихъ случайныхъ открытій и наблюденій, примѣняемыхъ въ практической жизни, неизбѣжно является желаніе привести ихъ въ стройный порядокъ. Ибо человѣческій умъ старается бережливо расходовать свои силы, а порядокъ въ знаніяхъ составляетъ для него то же, что порядокъ въ квартирѣ для домовитой хозяйки.

Первыя попытки въ этомъ направленіи сводятся къ тому, что явленія природы приписываются божествамъ. Но вскорѣ объясненія такого рода оказываются неудовлетворительными. Они

годятся еще для простонародья, чтобы внушить ему страхъ и повиновеніе сильнымъ, но у интеллигенціи того времени, т. е. духовенства, не находятъ довѣрія. Является необходимость новыхъ способовъ объясненія явленій.

Сопоставленіе и приведеніе въ порядокъ пріобрѣтенныхъ свѣдѣній даютъ первыя основанія наукѣ. Тщательно скрываемая египетскими жрецами, какъ источникъ ихъ могущества, наука, благодаря тогдашнимъ путямъ сообщенія, переносится въ Грецію, гдѣ ее распространяютъ съ трибунъ, излагаютъ въ сочиненіяхъ.

Такимъ образомъ появляются знаменитыя системы греческихъ философовъ, представляющія подлинный отпечатокъ всей тогдашней науки. Особенно одна изъ нихъ, система Аристотеля, оказала чрезвычайное вліяніе на послѣдующія поколѣнія; одобренная христіанствомъ, она на много столѣтій распространила свое самодержавное могущество.

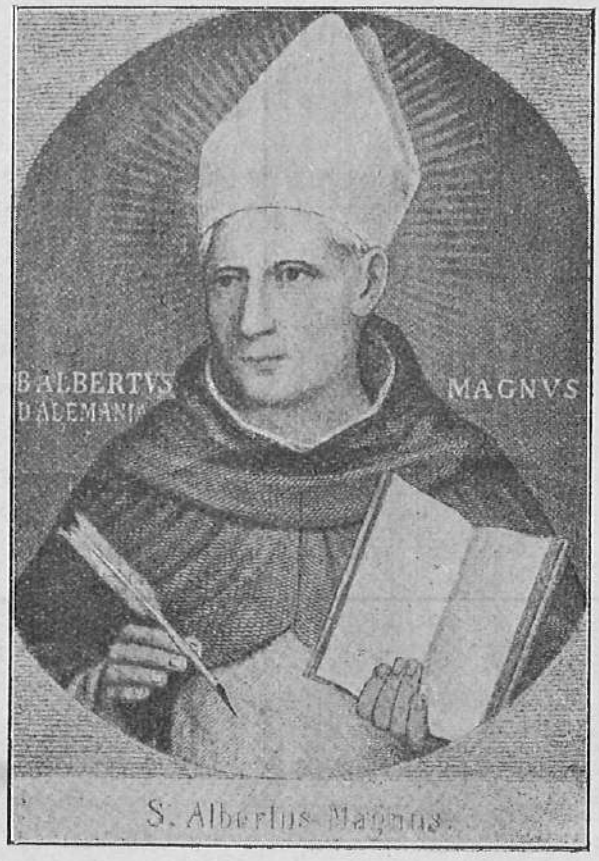


Рис. 6. Альбертъ Магнусъ.

И дѣйствительно, нельзя отрицать, что ученіе Аристотеля, напримѣръ, о разложеніи тѣлъ на ихъ свойства, представляетъ для тѣхъ временъ весьма многозначительный шагъ. Хотя съ тѣхъ поръ наши воззрѣнія на сущность элементовъ подверглись коренной переработкѣ, однако въ современныхъ философскихъ направленіяхъ, — о которыхъ впослѣдствіи разскажу болѣе подробно, — можно замѣтить безспорное сходство съ идеями Аристотеля.

Но человѣкъ того времени сильно напоминаетъ собою ре-

бенка. Прельщенный чрезвычайнымъ успѣхомъ обобщеній, онъ отказывается совершенно отъ опыта. Мысль, понятіе представляютъ для него все, наблюденіе, опытъ—ничто. Все, что въ чемъ-нибудь противорѣчитъ наукѣ Учителя, устраняется или истолковывается ошибочно, и вотъ зародышъ, сулившій столь блестящія надежды, превращается въ оковы человѣческой мысли, которыя подъ названіемъ схоластики задержали всякое развитіе науки почти до конца среднихъ вѣковъ.

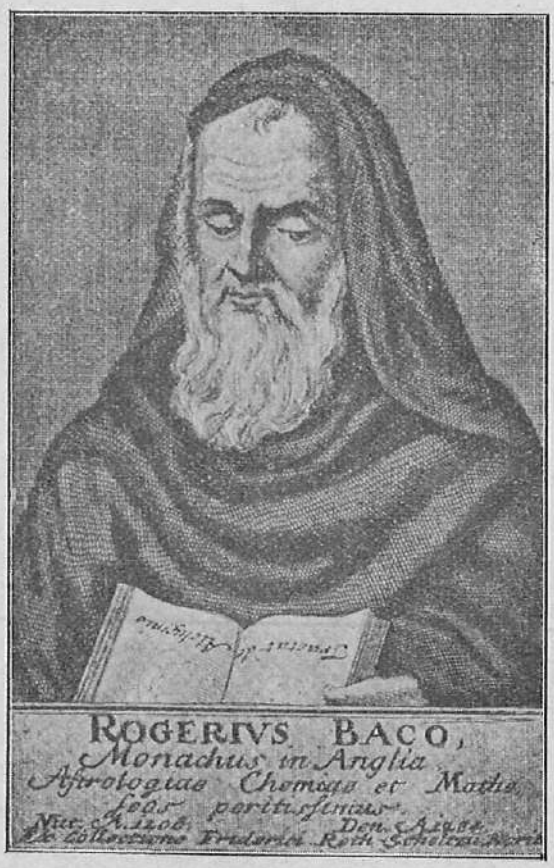


Рис. 7. Рожеръ Бэконъ.

Извѣстно, какую тяжелую борьбу пришлось вести великимъ естествоиспытателямъ эпохи возрожденія, Копернику, Галилею, Бэкону, пока имъ удалось вернуть опыту подобающее ему значеніе.

И вотъ въ тѣ времена, когда пренебрегаемыя и презираемыя естественныя науки были почти совершенно заброшены, въ одной лишь отрасли занимались собираніемъ фактовъ и накопленіемъ реальныхъ знаній,— а именно, въ химіи. То, правда, не была собственно химія, но, вѣрнѣе, ея отродье, странное соединеніе кропотливаго труда съ полнымъ суевѣрій мистицизмомъ. То была алхимія.

Зарожденіе этой отрасли было вызвано опять-таки матеріальными побужденіями: желаніемъ разбогатѣть, сохранить здоровье, продлить жизнь и т. д.

Основанная арабскимъ ученымъ Геберомъ, изобрѣтателемъ кислотъ и солей, эта наука вскорѣ нашла многочисленныхъ приверженцевъ, рядъ которыхъ простирается до новѣйшихъ временъ. Даже такіе выдающіеся умы, какъ Гете, не могли ей противостоять. Подробная характеристика всѣхъ этихъ людей,

ихъ трудовъ и утопій, завела бы насъ слишкомъ далеко; поэтому я ограничусь перечисленіемъ именъ и общимъ очеркомъ ихъ дѣятельности.

Вотъ эти имена:

Геберъ въ VIII вѣкѣ, арабъ.

Альбертусъ Магнусъ (монахъ, род. въ 1193 г., умеръ въ 1280 г.), германецъ.

Рожеръ Бэконъ (монахъ, род. въ 1214 г., умеръ въ 1284 г.), англичанинъ.

Арнольдъ Вилланованусъ (врачъ, род. въ 1235 г., умеръ въ 1312 г.), жилъ во Франціи и Испаніи.

Раймундъ Луллій (род. въ 1235 г., умеръ въ 1315 г.), жилъ въ Италіи и Испаніи.

Василій Валентинъ (монахъ), жилъ въ XV вѣкѣ въ Германіи.

Кто были эти люди? Какова была ихъ судьба? Какими средствами стремились они къ цѣли и чего удалось имъ достигнуть? Вотъ вопросы, которые напрашиваются при перечисленіи этихъ именъ.

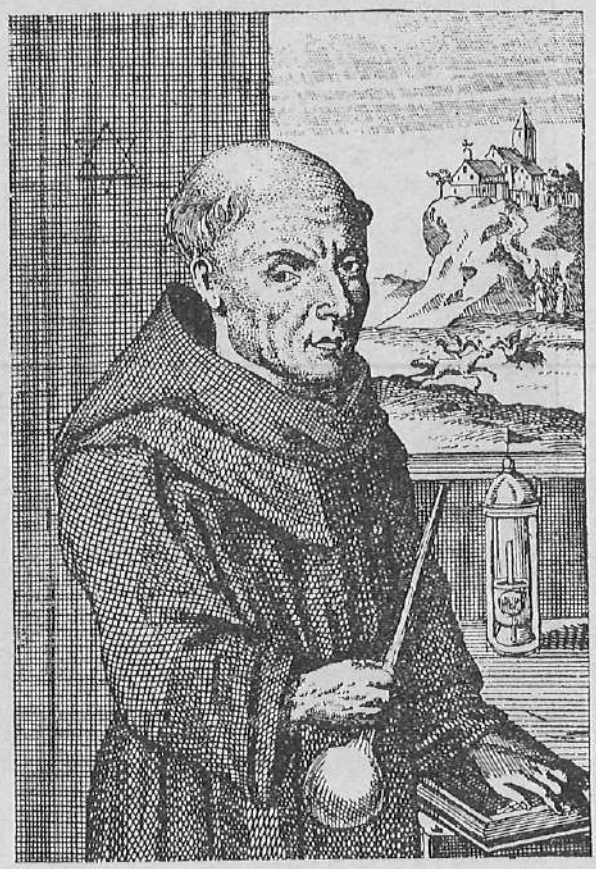


Рис. 8. Василій Валентинъ.

Приведенныя выше данныя показываютъ, что искусствомъ изготовленія золота занимаются главнымъ образомъ врачи и монахи, занимаются ревностно и съ вѣрой въ возможность осуществленія этой идеи. Таковы были самые извѣстные изъ нихъ. Но затѣмъ, когда алхимія вошла въ моду, ряды алхимиковъ пополнились лицами весьма различныхъ нравственныхъ качествъ.

Коппъ, авторъ классическаго труда по исторіи химіи, говоритъ:

«Приверженцы и вожаки алхиміи набираются изъ всякихъ

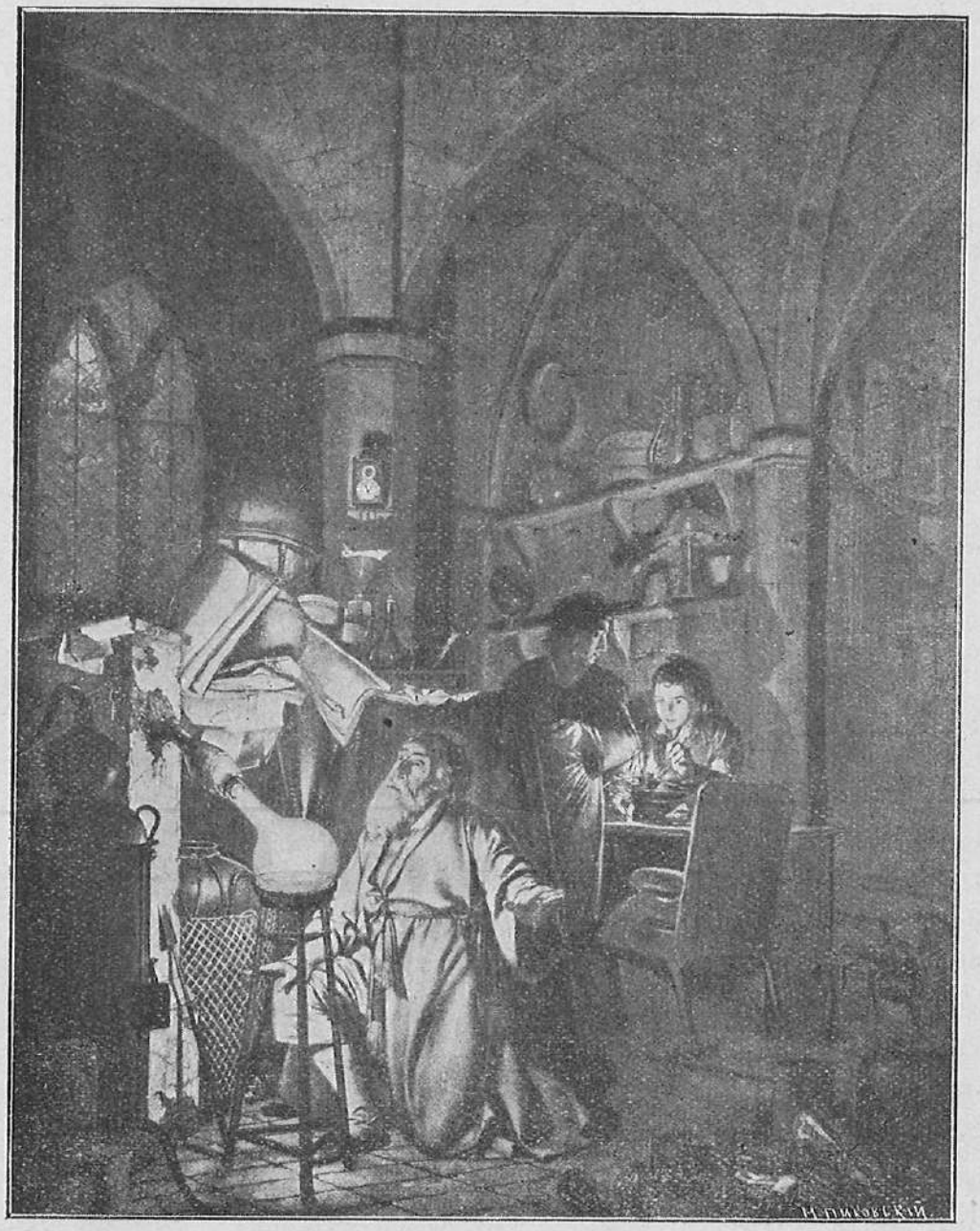


Рис. 9. Монахъ — алхимикъ.

сословій. Цари и короли, нищіе бродяги, духовенство и врачи, наконецъ, свободные любители природы соперничаютъ другъ съ другомъ въ этомъ занятіи. Храмы этой науки мы находимъ то въ

монастыряхъ, то въ аптекахъ. Жрецами ея состоятъ шарлатаны и рыцари фортуны, но рядомъ съ ними находимъ настоящихъ ученыхъ».

Да, удивительна была судьба химіи въ тѣ времена!

«Не много мы найдемъ наукъ,—пишетъ тотъ же изслѣдователь,—которыя должны были отъ своего возникновенія до нашихъ временъ преодолѣть столько препятствій, возникавшихъ при ихъ основаніи и развитіи.

Не много существуетъ наукъ, испытавшихъ такія колебанія между противоположными крайностями, какъ химія. То она составляетъ занятіе, окруженное общимъ презрѣніемъ, то является наукой, почитаемой болѣе другихъ. То не признаютъ въ ней никакой научной цѣнности, любящіе правду видятъ въ ней источникъ неисчислимыхъ ошибокъ, преслѣдуютъ ее со всей строгостью закона, бичуютъ ироніей, сильные и власть имущіе присуждаютъ ея адептовъ къ изгнанію, а церковь угрожаетъ проклятіемъ,—то передъ нею, какъ передъ божествомъ, преклоняются всѣ сословія, и всякій ожидаетъ отъ нея богатствъ и истины. То ея манипуляціи должны происходить въ строжайшей тайнѣ, то она пользуется явнымъ покровительствомъ.

Ея вліяніе и примѣненія тоже измѣнчивы. То она окружена величайшими суевѣріями и служитъ для поддержанія вѣры въ ихъ истинность, то является самымъ могучимъ орудіемъ ихъ истребленія. То ее примѣняютъ для поощренія мистицизма и сумасбродной теософіи, то считаютъ ее основой самаго крайняго матеріализма. Мотивомъ для занятія ею служитъ то жадность, то чистое стремленіе къ знанію. То фармація, то финансовая спекуляція стараются ею овладѣть. То отъ нея ожидаютъ золотыхъ горъ, то съ ея помошью стремятся къ поднятію промышленности и народнаго богатства. То она должна осуществлять невозможное, искусственно создавать живыя творенія, воспроизводить растенія изъ золы, то ее игнорируютъ даже въ такихъ случаяхъ, когда она дѣйствительно могла бы указать средства для достиженія желаемой цѣли и принести существенную пользу».

И насколько разнообразны были похожденія этой науки, настолько же измѣнчива была судьба ея адептовъ. Рѣдкіе изъ нихъ были люди достаточно осторожные, не возбуждавшіе зависти



Рис. 10. Курфюрстъ саксонскій Іоаннъ Георгій у алхимика Турнейссера.

или гнѣва властей. И весьма немногіе дожили до старости и умерли естественной смертью. Большинство, менѣе осторожное, возбуждало подозрѣнія Церкви въ томъ, что они поддерживаютъ сношенія съ дьяволомъ; другіе стали жертвой жадности князей, старавшихся всѣми силами выпытать ихъ мнимую тайну. Костеръ, висѣлица или пожизненное заключеніе составляли ихъ обычную участь. Такимъ образомъ, занятіе химика не представлялось въ тѣ времена безопаснымъ.

Карлъ Энглеръ, которому мы обязаны прекрасной монографіей о философскомъ камнѣ, говоритъ:

«Особенно опаснымъ было положеніе придворныхъ алхимиковъ. Если они послѣ многократныхъ неудачныхъ попытокъ сознавались, наконецъ, что недостаточно знакомы съ искусствомъ изготовленія золота, то ихъ постыдно прогоняли. Если же они различными способами обманывали своихъ господъ и изготовляли поддѣльное золото, или, ловкими пріемами подбавляя въ сосуды немного чистаго золота, будто бы получали по временамъ незначительныя количества этого металла, — тогда ихъ заключали въ темницу и подвергали пыткамъ, чтобы вырвать отъ нихъ тайну, если ихъ пріемы были успѣшны; въ случаѣ же, если обнаруживался обманъ, ихъ строго и безжалостно наказывали. Наказаніе за болѣе крупный обманъ состояло часто въ томъ, что въ одеждахъ, оклеенныхъ блестками, ихъ вѣшали на позолоченыхъ висѣлицахъ».

Такая участь постигла напр. шотландскаго дворянина Александра Сетонія.

Около 1602 г. онъ совершилъ въ Голландіи цѣлый рядъ удачныхъ трансмутацій, т. е. превращеній неблагородныхъ металловъ въ золото. Это разнесло его славу по всему міру, и нѣсколько лѣтъ спустя мы находимъ его въ Страсбургѣ, гдѣ онъ поселился у извѣстнаго золотыхъ дѣлъ мастера Гюстенгефера и занялся выдѣлываніемъ золота. Въ знакъ благодарности гостепріимному хозяину, Сетоній, уѣзжая, оставилъ ему немного философскаго камня, и вотъ Гюстенгеферъ сталъ заниматься алхиміей.

Императоръ Рудольфъ II, узнавъ бъ этомъ, пригласилъ его въ Прагу. Но, къ сожалѣнію, философскій камень, оставленный Сетоніемъ, вскорѣ былъ израсходованъ, всѣ попытки транс-



Рис. 11. Пытка алхимика.

мутаціи потерпѣли неудачу, и Гюстенгеферу пришлось окончить свою жизнь въ тюрьмѣ.

Не ему одному сетоніевскій камень принесъ гибель вмѣсто ожидаемыхъ богатствъ и почестей. Самого Сетонія судьба занесла въ Саксонію. Саксонскій курфюрстъ Христіанъ II, отуманенный ловкими алхимическими экспериментами, заключилъ изобрѣтателя въ тюрьму, считая это вѣрнѣйшимъ средствомъ сохранить для себя драгоцѣнную тайну. Но Сетоній, несмотря на неимовѣрныя пытки, доведшія его почти до смерти, упорно хранилъ свою тайну.

Въ это же время въ Дрезденскомъ замкѣ гостилъ польскій шляхтичъ Михаилъ Сендзивой. Онъ пользовался большимъ вліяніемъ, благодаря чему ему удалось получить разрѣшеніе на свиданіе съ заключеннымъ. При содѣйствіи Сендзивоя, Сетоній бѣжалъ изъ тюрьмы. Оба они благополучно прибыли въ Краковъ, гдѣ Сетоній вскорѣ скончался вслѣдствіе нанесенныхъ ему увѣчій. Сендзивой унаслѣдовалъ послѣ него значительное количество философскаго камня и началъ самостоятельно экспериментировать. Въ 1604 г. онъ отправился въ Прагу, дабы удовлетворить жажду золота Рудольфа II. Онъ даже уступилъ императору немного «тинктуры», посредствомъ которой тотъ могъ собственноручно удостовѣриться въ «возможности» превращенія металловъ въ золото. Что эти трансмутаціи были признаны удачными, свидѣтельствуетъ мраморная плита въ залѣ пражскаго дворца, гдѣ эти опыты происходили, съ надписью:

Faciat hoc quispiam alius,
Quod fecit Sendigovius Polonus.

(Пусть кто-либо совершитъ то, что совершилъ полякъ Сендзивой).

Сендзивоя не удовлетворяло то, что въ его рукахъ находился камень, который могъ его сдѣлать богатымъ. Честолюбіе побудило его притворяться, что онъ самъ постигъ искусство изготовленія философскаго камня. Поэтому князья добивались его визитовъ. Изъ Праги его пригласили въ Штутгартъ. Въ Штутгартѣ до того времени подвизался придворный алхимикъ фонъ-Мюлленфельсъ. По профессіи онъ былъ цирюльникомъ, но зная, что можно считаться знаменитымъ алхимикомъ безъ малѣйшихъ

представленій о способѣ изготовленія философскаго камня, онъ выбралъ себѣ это занятіе. Сендзивой былъ для него умѣлымъ и потому опаснымъ соперникомъ, который могъ подорвать его положеніе во дворцѣ. Онъ рѣшилъ поэтому его погубить и съ этой цѣлью внушилъ ему, что князь хочетъ узнать отъ него тайну тѣмъ же способомъ, какъ курфюрстъ саксонскій отъ Сетонія. Подъ вліяніемъ угрозъ Сендзивой рѣшился бѣжать. Этого-то и нужно было хитрому шарлатану. Зная планы Сендзивоя, онъ измѣнилъ ему самымъ гнуснымъ образомъ, напалъ на него въ пути, похитилъ его запасъ драгоцѣннаго камня и вдобавокъ взялъ его въ плѣнъ. Самъ же онъ со своей добычей прослылъ истиннымъ адептомъ и былъ богато награжденъ.

Но и его постигло наказаніе. Сендзивою удалось бѣжать изъ плѣна. Очутившись на свободѣ, онъ описалъ князю свои приключенія и обманъ Мюлленфельса. Того арестовали, заставили сознаться въ виновности и повѣсили на желѣзной «висѣлицѣ алхимиковъ».

Но Сендзивой всетаки не получилъ обратно похищеннаго камня. Дальнѣйшія попытки трансмутаціи не удавались, а тѣ случаи, которые привели къ благополучному исходу, были основаны на обманѣ. Несмотря на это, онъ не лишился довѣрія; передъ своей смертью, послѣдовавшей въ 1646 г., онъ написалъ нѣсколько сочиненій объ искусствѣ изготовленія философскаго камня.

Удивительно ли, что алхимія съ теченіемъ времени съ высокаго пьедестала науки, на который ее возвысилъ Геберъ, опустилась до положенія фокусничества? Наука, подобно растенію, требуетъ бережливаго попеченія, воздуха и солнца. Истина составляетъ ея цѣль и вмѣстѣ съ тѣмъ средство. Горе тому, кто попытается примѣнять ее для недостойныхъ цѣлей; онъ точитъ ножъ противъ себя самого.

Но средніе вѣка, подчиненные всецѣло схоластикѣ, поощрявшіе всякія суевѣрія, подавлявшіе всякую свободную мысль, не могли представлять подходящей почвы для развитія наукъ. И такимъ образомъ алхимія стала опорой суевѣрія, обманомъ, а не наукой.

По мѣрѣ того, какъ все чаще распространялись вымышленные слухи о находкѣ философскаго камня, стали гнаться за все новыми чудесами, а такъ какъ ихъ не находили, и даже не умѣли находить въ виду поверхностнаго характера тогдашнихъ изслѣдованій, то старались доказать существованіе самыхъ невозможныхъ вещей.

Такъ возникла палингенезія, т. е. искусство воспроизведенія растеній изъ золы, а затѣмъ попытки искусственнаго изготовленія «человѣчка», синтезъ такъ называемаго «гомункула».

Излишне добавить, что всѣ эти мнимыя чудеса основывались на обманѣ. Напримѣръ, во время синтеза «человѣчка», когда послѣ смѣшенія различныхъ веществъ подвергали ихъ воздѣйствіямъ, кто-нибудь изъ работающихъ ловко подбрасывалъ въ сосудъ маленькій скелетъ ребенка изъ слоновой кости и увѣрялъ затѣмъ присутствующихъ, что человѣкъ уже находился тамъ, но умеръ вслѣдствіе недостатка пищи.

Уже этихъ фактовъ достаточно для характеристики духа тогдашняго поколѣнія и рода вопросовъ, возбуждавшихъ всеобщій интересъ (да и теперь, пожалуй, не переставшихъ его возбуждать); но съ другой стороны грубая форма этого обмана представляетъ яркое свидѣтельство полнаго отсутствія критики среди тогдашняго общества.

Неопровержимымъ доказательствомъ возможности превращенія металловъ признавался слѣдующій опытъ, которому суждено было сыграть впослѣдствіи выдающуюся роль въ развитіи химическихъ понятій.

Если остріе стального ножа погрузить въ голубой растворъ мѣднаго купороса, то, какъ видимъ, оно покрывается краснымъ осадкомъ. Это — осадокъ мѣди. Въ тѣ времена въ этомъ явленіи усматривали прямое превращеніе желѣза въ мѣдь, и только въ позднѣйшія времена упрочилось воззрѣніе, что здѣсь мы имѣемъ дѣло не съ превращеніемъ желѣза, но, вѣрнѣе, съ замѣщеніемъ желѣза мѣдью, существовавшею уже въ голубомъ растворѣ мѣднаго купороса.

Прочія мнимыя превращенія металловъ носили еще болѣе простой характеръ. Напримѣръ, брали серебро, содержавшее примѣсь золота, что въ тѣ времена было весьма трудно обнару-

жить, и послѣ многочисленнныхъ операцій добывали изъ серебра первоначально находившееся въ немъ золото, и выдавали послѣднее за продуктъ превращенія серебра.

Вообще примѣси и загрязненія примѣняемыхъ ингредіенцій въ значительной степени способствовали иллюзіямъ самихъ адептовъ алхиміи. И только этимъ можно объяснить искреннюю вѣру многихъ изъ нихъ въ существованіе философскаго камня.

Если мы однако забудемъ на мгновенье объ этихъ многочисленныхъ заблужденіяхъ человѣческаго ума, то нельзя закончить этого отдѣла исторіи химіи, не указавъ положительныхъ результатовъ, достигнутыхъ — правда, невольно и безсознательно, — добросовѣстными изслѣдователями той эпохи. Ибо они именно и составляютъ тотъ фундаментъ, на которомъ опираются открытія послѣдующихъ поколѣній.

Въ чемъ же состояли эти невольныя завоеванія?

1) Въ усовершенствованіи средствъ, служащихъ для того, чтобы вызвать химическія явленія;
2) въ увеличеніи числа тѣлъ, получаемыхъ искусственнымъ путемъ, и
3) въ ознакомленіи съ новыми тѣлами, пригодными для практическаго примѣненія.

Отправимся на мгновенье въ ту фантастическую лабораторію алхимика, столь правдиво изображенную въ извѣстной сценѣ изъ «Фауста»; перенесемся мысленно въ этотъ міръ, полный бутылочекъ, стклянночекъ и запыленныхъ инструментовъ.

Посмотримъ, какъ алхимики стремились къ своей цѣли, къ полученію философскаго камня.

Всѣ попытки мнимаго превращенія металловъ основывались, какъ я уже раньше отмѣтилъ, на убѣжденіи, не лишенномъ, впрочемъ, нѣкоторой доли смысла, что многократнымъ очищеніемъ тѣлъ можно отдѣлить отъ нихъ нѣкоторыя свойства и сообщить эти свойства другимъ тѣламъ. Слѣдовательно, алхимическій процессъ—по крайней мѣрѣ, въ рукахъ благоразумныхъ алхимиковъ,—представлялъ въ сущности процессъ очищенія тѣлъ.

Желая, однако, надлежащимъ образомъ оцѣнить значеніе этого дѣйствія, производимаго алхимиками невольно, безсозна-

тельно,— необходимо обратить вниманіе на то, сколь нечистой является окружающая насъ природа, конечно, не въ нравствен-

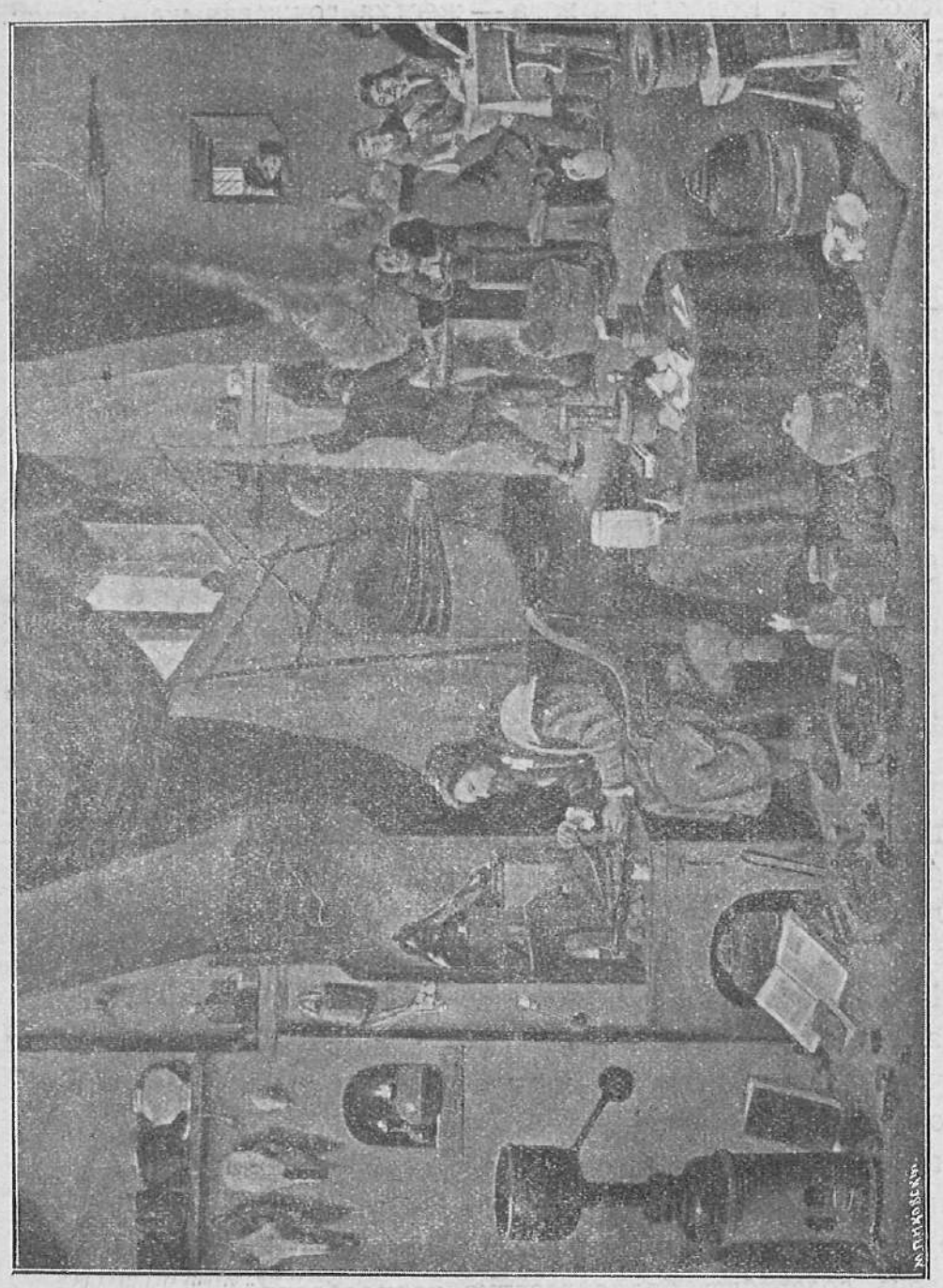


Рис. 12. Алхимическая лабораторія.

номъ, но въ обычно употребляемомъ въ химіи смыслѣ этого слова.

Позвольте мнѣ нѣсколькими примѣрами обосновать это кажущееся парадоксальнымъ утвержденіе.

Всѣмъ намъ знакома вода по ея повседневнымъ, столь разнообразнымъ примѣненіямъ. И вотъ извѣстно, что это тѣло обладаетъ самыми различными свойствами въ зависимости отъ происхожденія. Колодезная вода — жестка, дождевая же — мягка; морская вода — соленая, рѣчная же или ключевая — прѣсна, т. е. собственно лишена вкуса. Эти различія происходятъ отъ того, что естественная вода не чиста; она представляетъ смѣсь нѣсколькихъ и даже многихъ тѣлъ, которыя въ различныхъ видахъ воды различаются какъ качественно, такъ и количественно. Даже кристальная вода источниковъ содержитъ не менѣе десятка различныхъ веществъ, а такъ называемая чистая аптекарская вода, которую въ прежнее время врачи въ изобиліи прописывали своимъ паціентамъ подъ названіемъ «aqua destillata», содержитъ все же не менѣе полудюжины постороннихъ веществъ.

Во всѣхъ этихъ смѣсяхъ, извѣстныхъ подъ общимъ именемъ «воды», вода, дѣйствительно, составляетъ главную составную часть,—самую важную, но не единственную. Поэтому не удивительно, что эти разнообразныя смѣси обнаруживаютъ совершенно различныя свойства въ зависимости отъ количества и рода содержащихся въ нихъ примѣсей.

Настоящая химически чистая вода — тѣло чрезвычайно рѣдкое, и имѣвшіе съ нею дѣло утверждаютъ, конечно, шутя, что достаточно одного взгляда на нее, чтобы ее загрязнить. Дѣйствительно, достаточно привести чистую воду на короткое время въ соприкосновеніе съ воздухомъ, или налить въ стеклянный сосудъ, чтобы вскорѣ убѣдиться въ измѣненіи ея естественныхъ свойствъ вслѣдствіе загрязненія.

Еще въ большей мѣрѣ это относится къ воздуху. Одно обоняніе убѣждаетъ насъ, что воздухъ химической лабораторіи отличается отъ воздуха, находящагося внѣ стѣнъ этого зданія, а этотъ воздухъ имѣетъ совершенно другой запахъ, чѣмъ лѣсной воздухъ или чѣмъ тотъ, который доносится къ намъ съ свѣжимъ дуновеніемъ морского вѣтра. Но по понятіямъ химика даже самый чистый воздухъ есть, такъ сказать, грязь, такъ какъ онъ содержитъ болѣе десятка разнообразнѣйшихъ составныхъ частей.

Пожалуй, ни въ одномъ случаѣ различіе между естественными видами одного и того же тѣла не бываетъ такъ рѣзко,

какъ среди драгоцѣнныхъ камней. Кому не знакомы нѣжные оттѣнки цвѣтовъ аметиста, кто не восхищался разнообразіемъ цвѣтовъ опала? Однако, всѣ эти камни, окрашенные различнымъ образомъ, то прозрачные, какъ хрусталь, то мутные, какъ молоко,—съ точки зрѣнія химика представляютъ собой лишь песокъ, тотъ самый песокъ, которымъ мы лѣтомъ любуемся на берегу моря. Этой великолѣпной гаммой цвѣтовъ и оттѣнковъ камни обязаны исключительно загрязненіямъ, примѣсямъ, количество которыхъ иногда такъ ничтожно, что во многихъ случаяхъ мы не въ состояніи ихъ обнаружить.

Этихъ примѣровъ достаточно для оцѣнки разнообразія видимыхъ свойствъ одного и того же тѣла въ природѣ.

Наука же стремится—и это составляетъ ея самую общую задачу—къ выдѣленію сходныхъ вещей изъ общаго хаоса, къ отысканію постоянныхъ и неизмѣнныхъ элементовъ во множествѣ перемѣнныхъ явленій и свойствъ. Мы можемъ приблизиться къ этой цѣли, если при помощи опредѣленныхъ пріемовъ разложимъ изслѣдуемыя тѣла на составныя части, т. е. очистимъ ихъ. Отысканіе и усовершенствованіе способовъ, дающихъ возможность достигнуть этой цѣли—вотъ главная и безспорная заслуга алхимиковъ.

Въ виду чрезвычайной важности этихъ методовъ въ дальнѣйшемъ развитіи химіи, я укажу самые главные изъ нихъ.

1. Дестилляція или перегонка. Изъ всѣхъ химическихъ методовъ перегонка находитъ самое обширное примѣненіе какъ въ маломъ масштабѣ, въ лабораторіи, такъ и въ большомъ масштабѣ, въ химической промышленности. Она была извѣстна уже египтянамъ. Послѣ Гебера она сдѣлалась самой обыкновенной манипуляціей. Дестилляція заключается, какъ вы видите, въ томъ, что жидкость подвергается кипяченію въ закрытомъ сосудѣ, такъ называемой ретортѣ, и паръ ея сжижается въ отдѣльномъ сосудѣ, который называется пріемникомъ.

Вотъ въ этомъ сосудѣ я кипячу, напримѣръ, воду, окрашенную примѣсью мѣднаго купороса въ синій цвѣтъ. Такимъ образомъ, въ пріемникѣ я получаю безцвѣтную воду, между тѣмъ какъ купоросъ остается въ ретортѣ.

Уже въ тотъ періодъ алхиміи, о которомъ здѣсь постоянно идетъ рѣчь, «дестилляція» примѣнялась для полученія и очищенія

алкоголя, который былъ названъ виннымъ спиртомъ (spiritus vini), ибо онъ получался перегонкой вина, а всѣ улетучивающіяся веще-

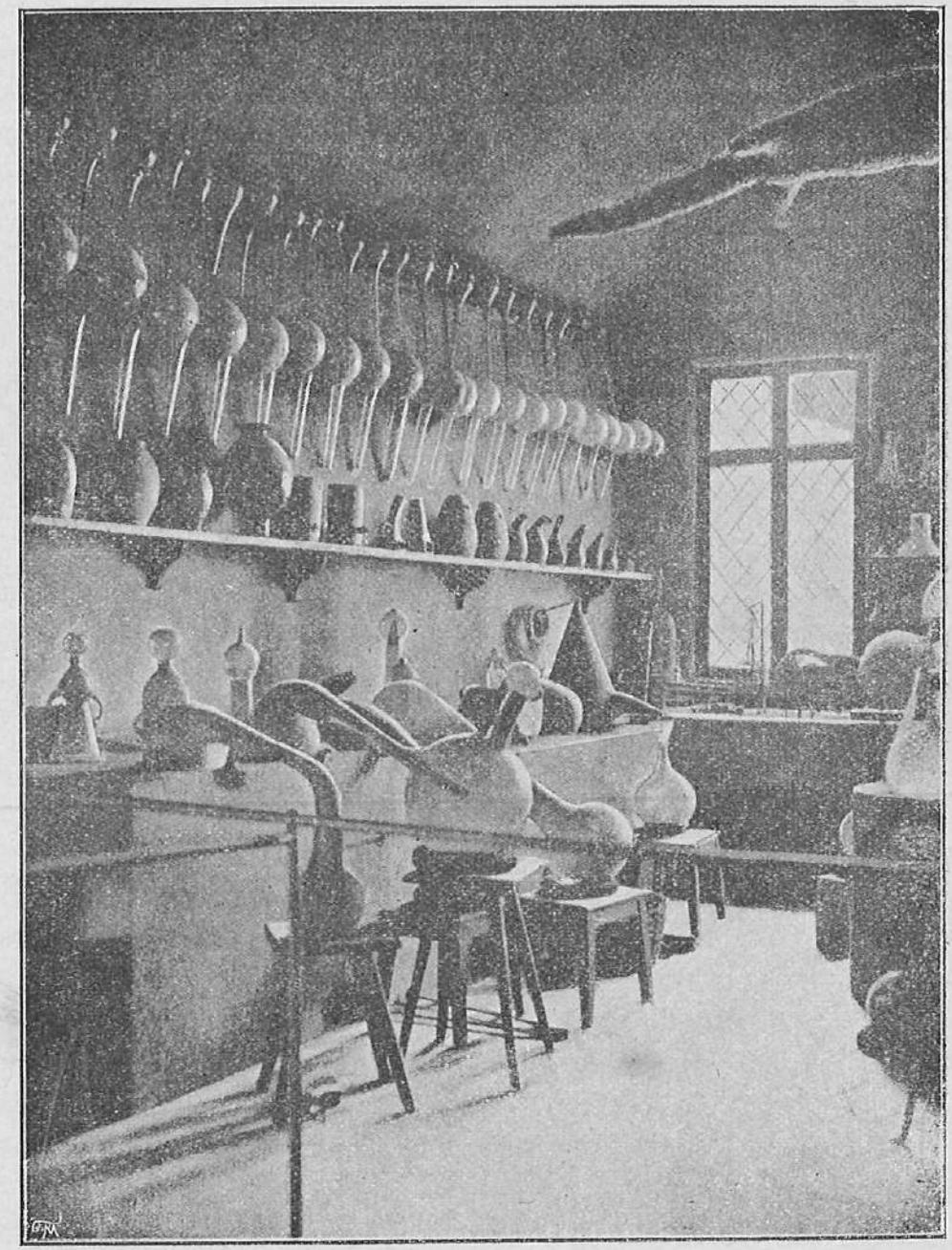


Рис. 13. Алхимическіе приборы для перегонки, хранящіеся въ Мюнхенскомъ «естественнонаучномъ музеѣ».

ства тогда назывались спиртами, т. е. духами. Отсюда и происходитъ названіе spiritus vini—духъ вина.

Это названіе не вполнѣ удачно, такъ какъ отъ вина никогда никакой духъ не произошелъ, но не одинъ уже погибъ.

2. Возгонка (сублимація). Это въ сущности частный случай перегонки, именно тотъ, когда тѣло, подвергаемое перегонкѣ, а также продуктъ перегонки — не жидкости, а твердыя тѣла. Примѣромъ можетъ служить возгонка іода. Хлористая ртуть, которая примѣняется для дезинфекціи подъ именемъ ртутнаго сублимата, или просто сулемы, и была извѣстна уже Геберу, очищается посредствомъ этой именно манипуляціи. Этому обстоятельству возгонка и обязана своимъ названіемъ.

3. Осажденіе (преципитація). Если прибавить къ раствору нѣсколькихъ тѣлъ извѣстные реагенты, то нѣкоторыя составныя части раствора переходятъ въ твердое состояніе и выдѣляются въ видѣ осадка. Если къ жесткой водѣ прибавимъ соду, то тѣ составныя части, которыя вызываютъ ея жесткость, какъ то известь и магній, выдѣляются и выпадаютъ на дно сосуда. Этимъ путемъ хозяйки умѣютъ смягчать жесткую воду.

4. Фильтрація (дестилляція сквозь фильтръ по Геберу) примѣняется для отдѣленія осадка отъ раствора. Если воду, загрязненную твердыми тѣлами, напримѣръ, углемъ или пескомъ, перельемъ сквозь пропускную бумагу, то проходитъ чистая вода, а угольный порошокъ остается на поверхности бумаги.

5. Кристаллизація. Ее примѣняютъ для полученія тѣлъ, растворенныхъ въ водѣ или другихъ жидкостяхъ. Уже алхимики примѣняли кристаллизацію для очищенія солей, извѣстныхъ съ временъ Гебера: квасцовъ, селитры, амміачной соли и проч. Если оставить на воздухѣ растворъ квасцовъ въ водѣ, то вода спустя нѣкоторое время улетучится, а квасцы выдѣлятся въ видѣ прекрасныхъ кристалловъ правильнаго строенія, которые вы видите въ этой чашкѣ.

Всѣ эти методы разложенія различныхъ тѣлъ, естественнаго или искусственнаго происхожденія, на составныя части, получили впослѣдствіи общее названіе, употребляемое повсюду еще и въ настоящее время,—методовъ аналитической химіи.

Алхимики сдѣлали также второй важный шагъ по пути развитія химіи: они увеличили число тѣлъ, получаемыхъ искусственнымъ путемъ.

Древніе народы умѣли получать незначительное количество тѣлъ: тѣ семь металловъ, съ которыми мы познакомились въ предыдущей лекціи, и ихъ непосредственныя производныя, затѣмъ нѣсколько другихъ легко получаемыхъ препаратовъ. Алхимики сдѣлали въ этомъ направленіи большіе успѣхи какъ въ смыслѣ количества препаратовъ, такъ и разнообразія свойствъ вновь открытыхъ тѣлъ.

О сдѣланномъ Геберомъ открытіи минеральныхъ кислотъ, сѣрной и азотной, а также ихъ солей, я уже неоднократно упоминалъ здѣсь. Слѣдуетъ также отмѣтить открытіе соляной кислоты Василіемъ Валентиномъ. Безъ этихъ веществъ немыслима химическая лабораторія, немыслима ни одна отрасль химической промышленности. Не менѣе важныя теоретическія и практическія послѣдствія имѣло введеніе въ науку понятія солей. Весь этотъ классъ тѣлъ представлялъ уже для тогдашнихъ изслѣдователей однородные признаки, сходные со свойствами важнѣйшаго представителя этой семьи, повареной соли, названіе которой такимъ образомъ обобщилось. Кромѣ квасцовъ, селитры и амміачной соли (сальміака) слѣдуетъ отмѣтить въ особенности различные купоросы: желѣзный, мѣдный и др. Они оказали значительное вліяніе на дальнѣйшее развитіе химіи. Наконецъ, слѣдуетъ указать на открытые Василіемъ Валентиномъ сурьмяные препараты, имѣющіе важныя лечебныя свойства. Таковы въ самыхъ общихъ чертахъ успѣхи той эпохи въ полученіи новыхъ тѣлъ и препаратовъ. Этотъ отдѣлъ химіи, т. е. искусство полученія новыхъ тѣлъ изъ извѣстныхъ уже посредствомъ различныхъ химическихъ манипуляцій, впослѣдствіи получилъ названіе синтетической или препаративной химіи.

Непосредственнымъ слѣдствіемъ изложенныхъ успѣховъ является расширеніе воззрѣній на разнообразіе и виды свойствъ тѣлъ.

Аристотель и его послѣдователи удовлетворялись четырьмя элементарными свойствами: тепломъ, холодомъ, сухостью и влажностью. Позднѣйшіе ученые для объясненія различнаго состоянія тѣлъ принуждены были прибавить еще три новыхъ элементарныхъ свойства:

1) горючесть и измѣняемость, представителемъ которой считалась сѣра,

2) неразрушимость, особенно при нагрѣваніи на огнѣ; ея представителемъ была соль,

3) наконецъ, металличность; подъ этимъ названіемъ подразумѣвали цѣлый рядъ свойствъ, общихъ металламъ, какъ то блескъ, растяжимость и пр.; ихъ олицетвореніемъ считалась ртуть.

Эти три новыхъ элемента: сѣра, соль и ртуть, вѣрнѣе— олицетворяемыя ими элементарныя свойства всѣхъ тѣлъ, должны были составлять вмѣстѣ съ прежними четырьмя элементами Аристотеля существенныя составныя части всякаго вещества.

Гораздо важнѣе этихъ метафизическихъ воззрѣній были практическія пріобрѣтенія, которыя явились слѣдствіемъ открытія новыхъ и цѣнныхъ тѣлъ. Прежде всего къ этой категоріи изобрѣтеній слѣдуетъ причислить усовершенствованія въ области горнаго дѣла, въ особенности въ металлургіи. Труды Агриколы, относящіеся къ этому періоду, содержатъ цѣнныя указанія относительно состоянія горнаго дѣла въ тѣ времена; они свидѣтельствуютъ, что техника химическихъ процессовъ была поставлена довольно хорошо.

Сочиненія этого ученаго кромѣ подробнаго и добросовѣстнаго описанія химическихъ манипуляцій заключаютъ въ себѣ прекрасные рисунки; одинъ изъ нихъ мы приводимъ здѣсь (рис. 14), чтобы читатель могъ составить себѣ понятіе о состояніи химической промышленности въ періодъ алхиміи. Здѣсь также слѣдуетъ отмѣтить изобрѣтеніе фарфора саксонскимъ алхимикомъ Беттхеромъ.

Если даже согласиться съ тѣмъ, что матерью этихъ изобрѣтеній была случайность, а не строго обдуманный планъ; если даже признать справедливость извѣстной поговорки о томъ, который «не выдумалъ пороха»,—поговорки, употребляемой для характеристики человѣка столь ограниченнаго, что онъ даже не въ состояніи сдѣлать простое изобрѣтеніе,—все-таки нельзя отрицать, что и въ тѣ времена такія изобрѣтенія стоили многихъ трудовъ и хлопотъ,—тѣмъ большихъ, чѣмъ менѣе планомѣрно изобрѣтенія дѣлались.

Въ этомъ отношеніи весьма поучительна извѣстная судьба

изобрѣтателя фарфора, типичная для многихъ современныхъ алхимиковъ. Поэтому позвольте мнѣ въ нѣсколькихъ словахъ напомнить исторію этого изобрѣтенія.

Беттхеръ, подобно многимъ другимъ, занимался изготовленіемъ золота. Августъ II, польскій король и курфюрстъ Саксонскій, заключилъ его въ замокъ въ Мейссенѣ, отчасти въ наказаніе, отчасти изъ боязни, чтобы тайна не была выдана другимъ во вредъ Саксоніи.



Рис. 14. Желѣзоплавильный заводъ XVI столѣтія.

Въ заключеніи Беттхеръ производилъ опыты надъ превращеніемъ металловъ подъ наблюденіемъ знаменитаго естествоиспытателя того времени фонъ-Чирнгаузена. Послѣдній извѣстенъ между прочимъ своими изслѣдованіями надъ нагрѣвательнымъ дѣйствіемъ увеличительныхъ стеколъ. При помощи послѣднихъ онъ достигалъ чрезвычайно высокой температуры, въ которой плавились различныя смѣси тугоплавкихъ «земель».

Видя, что многообѣщающіе опыты Беттхера все-таки никакъ не приводятъ къ желанной цѣли, фонъ-Чирнгаузенъ посовѣтовалъ ему попробовать заняться изготовленіемъ фарфора. Нѣтъ сомнѣнія, что Беттхеръ въ своей работѣ пользовался богатымъ экспериментальнымъ матеріаломъ, который ранѣе былъ добытъ фонъ-Чирнгаузеномъ.

Производя эти опыты въ Мейссенскомъ замкѣ, они открыли фарфоръ. Вскорѣ послѣ этого фонъ-Чирнгаузенъ умеръ, и Беттхеръ приписалъ заслугу изобрѣтенія всецѣло себѣ. Изобрѣтеніе

доставило ему не только свободу, но также почести и богатство. Въ награду онъ получилъ отъ курфюрста дворянское званіе, и былъ назначенъ директоромъ фарфоровой фабрики въ Мейссенѣ, существующей по настоящее время и славящейся своими издѣліями. Комнату, въ которой узникъ-изобрѣтатель производилъ свои опыты, показываютъ теперь всѣмъ посѣтителямъ Мейссенскаго замка. Когда я нѣсколько лѣтъ тому назадъ очутился въ этомъ историческомъ мѣстѣ, мною овладѣло пріятное чувство при мысли, что теперь существуютъ другія и, думаю, болѣе гуманныя средства для поощренія талантовъ и прилежанія адептовъ химіи.

Такимъ образомъ въ тѣ времена дѣлались важныя завоеванія въ области химическихъ изобрѣтеній. Но этихъ успѣховъ нельзя и сравнить съ изобрѣтеніями въ другой области, а именно въ примѣненіи химіи къ медицинѣ. Здѣсь успѣхи были столь блестящи, и для того времени даже ослѣпительны, что придали химіи совершенно новое направленіе. Новое теченіе господствовало цѣлыя столѣтія и дало, подобно алхимическому направленію, цѣлый рядъ новыхъ изслѣдованій, новыхъ открытій и новыхъ теорій.

Примѣненіемъ химическихъ препаратовъ къ медицинѣ пользовались, правда, уже и алхимики, среди которыхъ были, какъ извѣстно, и врачи. Осебенно Арнольдъ изъ Виллановы и Василій Валентинъ подвинули это искусство довольно далеко. Когда же неудачныя попытки алхимиковъ получить искусственнымъ путемъ золото и печальная судьба адептовъ успѣли охладить рвеніе въ этомъ направленіи, тогда искусство лѣченія сдѣлалось главной задачей химіи.

Основателемъ этого новаго направленія химіи, называемаго ятрохиміей или лѣчебной химіей, слѣдуетъ признать врача и профессора медицины Парацельза, родившагося въ Швейцаріи, въ г. Эйнзидельнѣ.

Человѣкъ онъ былъ очень странный, большой чудакъ, притомъ полный самыхъ противоположныхъ свойствъ, дурныхъ и хорошихъ,—словомъ, одинъ изъ тѣхъ типовъ, какими изоби-

ловали средніе вѣка. Характерно его полное имя: Филиппъ Авреолъ Теофрастъ Парацельзъ Бомбастусъ фонъ Гогенгеймъ.

Отецъ его, внѣбрачный сынъ великаго вождя ордена Іоаннитовъ, былъ врачемъ въ маленькомъ швейцарскомъ мѣстечкѣ

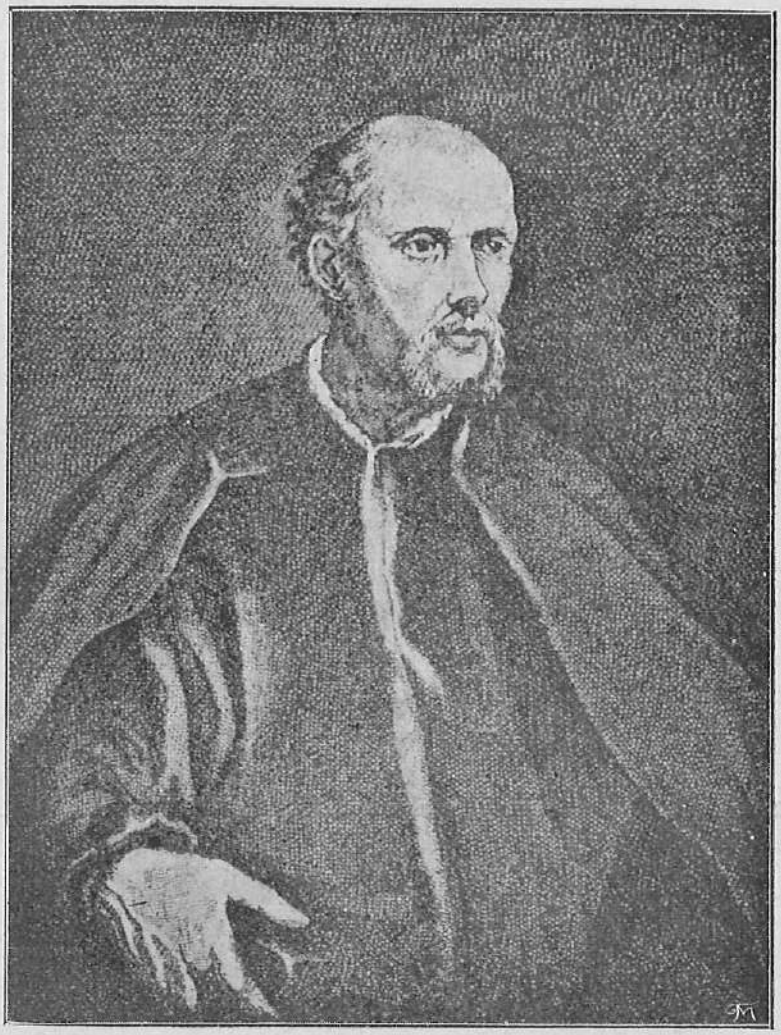


Рис. 15. Парацельзъ.

Эйнзидельнѣ. Онъ старался передать сыну всѣ свои знанія, составлявшія все университетское образованіе того времени; поэтому онъ обучалъ сына медицинѣ, астрологіи и алхиміи.

Чтобы расширить кругъ этихъ знаній и пріобрѣсти новыя, молодой Парацельзъ отправился путешествовать по свѣту. По пути онъ посѣщалъ много университетовъ нѣмецкихъ, французскихъ и итальянскихъ. Кажется, однако, что онъ болѣе за-

нимался другими дѣлами, чѣмъ систематической наукой. Хотя онъ называлъ себя докторомъ, утверждая, что удостоился этой степени, правда, лишь съ отмѣткой «rite»*), однако его враги доказывали, что онъ самъ присвоилъ себѣ это званіе.

Парацельзъ былъ не особенно высокаго мнѣнія объ университетахъ и профессіональныхъ ученыхъ. «И я—говоритъ онъ со свойственной ему напыщенностью—произрасталъ въ тѣхъ садахъ, гдѣ подрѣзываютъ молодыя деревца; я былъ не малымъ украшеніемъ высокой школы».

Но впечатлѣнія и знанія, вынесенныя имъ изъ путешествій, принесли ему гораздо больше пользы, чѣмъ систематическое ученіе. Извѣстно, что въ тѣ времена путешествія считались наилучшимъ средствомъ образованія молодежи, и, пожалуй, могутъ считаться таковымъ и въ настоящее время.

Парацельзъ обошелъ половину Стараго Свѣта: отъ Швеціи до Египта, отъ Португаліи вплоть до Польши. Этимъ путешествіямъ онъ безъ сомнѣнія обязанъ своими необыкновенными познаніями изъ различныхъ отраслей науки, равно какъ изъ химіи; онъ посѣтилъ много заводовъ, копей, пріобрѣлъ многочисленныя знакомства съ врачами и алхимиками.

Тридцати лѣтъ отъ роду онъ возвращается на родину и всецѣло отдаетъ себя медицинѣ. Превосходные результаты лѣченія доставляютъ ему вскорѣ громкую извѣстность, и въ 1526 г. мы видимъ Парацельза на каѳедрѣ естествознанія и медицины въ Базельскомъ университетѣ. Однако его бурный характеръ не позволилъ ему долго пользоваться этимъ почетнымъ положеніемъ. Въ скоромъ времени онъ поссорился съ Базельской городской думой, и споръ принялъ столь рѣзкую форму, что Парацельзъ былъ принужденъ не только оставить занимаемую каѳедру, но и покинуть родную страну, такъ какъ ему угрожали лишеніемъ свободы. Послѣ того онъ опять сталъ вести кочевой образъ жизни. Побывалъ въ Баваріи, Чехіи и Венгріи, пока въ 1541 г. смерть не настигла его въ Зальцбургѣ. Умеръ онъ въ самомъ бѣдственномъ положеніи.

Какъ я уже отмѣтилъ, Парацельзъ былъ олицетвореніемъ са-

---

*) что соотвѣтствуетъ отмѣткѣ „удовлетворительно“.

мыхъ противоположныхъ свойствъ. Что онъ смѣло выступалъ противъ всякихъ авторитетовъ прошлаго и настоящаго, сжигая, напримѣръ, сочиненія Галена въ присутствіи своихъ слушателей,— это свидѣтельствуетъ о большой долѣ гражданскаго мужества, особенно цѣннаго въ тѣ времена, когда повсюду господствовала слѣпая вѣра въ безошибочность признанныхъ авторитетовъ. Но менѣе привлекательную черту его характера составляло то, что онъ восхвалялъ себя самого и старался унизить другихъ. Что онъ пошелъ далѣе своихъ предшественниковъ и современныхъ ему врачей въ примѣненіи лѣкарствъ, не останавливаясь даже передъ употребленіемъ столь сильныхъ ядовъ, какъ, напримѣръ, мышьякъ,— этимъ онъ безспорно не мало способствовалъ дальнѣйшему развитію медицины. Но безцеремонность, съ какой онъ обращался со своими паціентами, представлявшими для него лишь матеріалъ для опытовъ, была непростительна. И по этой, быть можетъ, причинѣ парижскій парламентъ въ 1566 г. подъ угрозой лишенія права практики запретилъ всѣмъ парижскимъ врачамъ примѣненіе парацельзовыхъ средствъ, выразивъ одновременно порицаніе всякимъ нововведеніямъ въ медицинѣ.

То обстоятельство, что Парацельзъ старался сдѣлать свои знанія доступными даже непосвященнымъ и съ этой цѣлью преподавалъ не по-латыни, какъ было тогда принято, а на мѣстномъ языкѣ, равно какъ и то, что свои сочиненія онъ диктовалъ ученикамъ, дабы сохранить въ нихъ отпечатокъ живой рѣчи,— заслуживаетъ одобренія, какъ нововведеніе прекрасное и полезное. Но напыщенный и растянутый стиль его сочиненій, послужившій его врагамъ поводомъ для утвержденія, что онъ диктовалъ въ нетрезвомъ видѣ, составляетъ ихъ большой недостатокъ. Вообще же, по мнѣнію современниковъ, жизнь великаго ученаго оставляла желать многаго.

Но несмотря на все это, вліяніе Парацельза было весьма значительно, а заслуги его въ исторіи развитія химіи и медицины выступаютъ тѣмъ ярче, чѣмъ болѣе историки углубляются въ изслѣдованіе той эпохи.

Введеніе въ медицину искусственныхъ химическихъ препаратовъ вмѣсто прежнихъ медикаментовъ Галена, состоявшихъ

почти исключительно изъ настоекъ и растительныхъ эссенцій, обратило вниманіе на новую отрасль примѣненія химіи и придало послѣдней совершенно новое направленіе.

Теперь задачей химіи является не только искусственное полученіе золота, но приготовленіе лѣкарствъ, полученіе новыхъ тѣлъ, обладающихъ лѣчебными свойствами. Такимъ образомъ наука химіи переносится изъ затхлой кухни алхимиковъ въ аптекарскую лабораторію. Парацельзъ является отцомъ фармаціи, науки о лѣкарствахъ, которая тогда, равно какъ и въ позднѣйшее время, служила могучимъ факторомъ въ развитіи химическихъ знаній. Выдающіеся аптекари сдѣлали, — какъ мы неоднократно убѣдимся, — много великихъ открытій, усовершенствовали и пріумножили методы полученія химическихъ препаратовъ и, наконецъ, вызвали на свѣтъ цѣлый рядъ новыхъ и цѣнныхъ фактовъ.

Наука Парацельза, названная «ятрохиміей» и считавшая лѣченіе цѣлью химіи, не сразу пріобрѣла право гражданства. Возникъ горячій споръ между сторонниками и противниками новаго направленія, и только конецъ этой борьбы принесъ полную побѣду ятрохимикамъ.

Ясное дѣло, что въ рамкахъ настоящей лекціи невозможно перечислить всѣхъ или хотя бы только самыхъ знаменитыхъ представителей лѣчебнаго направленія химіи.

Поэтому я долженъ ограничиться лишь однимъ изъ ихъ ряда. Это — Ванъ Гельмонтъ, голландскій химикъ, человѣкъ выдающагося таланта и удивительно трезваго ума, стоявшій выше всѣхъ своихъ современниковъ, равно какъ и непосредственныхъ преемниковъ.

Іоаннъ Баптистъ Ванъ Гельмонтъ, родившійся въ 1577 г. въ Брюсселѣ, изучалъ философію, богословіе и медицину. По окончаніи курса наукъ, онъ занимался врачебной практикой, много путешествовалъ по Франціи и Италіи. Въ 1609 г. возвратился на родину, женился на богатой, и затѣмъ, поселившись въ деревнѣ, предался исключительно научнымъ изслѣдованіямъ. Здѣсь онъ скончался въ 1644 г.

Ванъ Гельмонтъ представляетъ полную противоположность Парацельзу.

Парацельзъ, какъ гласитъ преданіе, присвоилъ себѣ нигдѣ

имъ не заслуженную степень доктора, тогда какъ Ванъ Гельмонтъ, напротивъ, добровольно отказался отъ слѣдуемой ему степени магистра свободныхъ наукъ, считая всякіе титулы результатомъ свѣтской пустоты и потому ничтожными. Болѣе того, онъ отказался отъ собственнаго имущества въ пользу сестры, чтобы всю свою жизнь посвятить исключительно благодѣтельствованію ближнихъ.



Рис. 16. Ванъ Гельмонтъ.

Образованіе Парацельза, какъ пріобрѣтенное въ путешествіяхъ, было по существу поверхностнымъ, тогда какъ Ванъ Гельмонтъ обладалъ всей совокупностью систематическихъ знаній той эпохи.

Сочиненія Парацельза безсвязны и вслѣдствіе этого неудобопонятны; напротивъ, сочиненія Ванъ Гельмонта отличаются поразительной ясностью и удобопонятностью. Однако, оба эти мужа со столь противоположными характерами боролись во имя одной и той же идеи,— во имя реформы медицины, и Ванъ Гельмонтъ былъ горячимъ поклонникомъ Парацельза. Въ Ванъ Гельмонтѣ насъ прямо поражаетъ трезвый взглядъ на вещи; его умъ не могъ примириться съ воззрѣніями того времени на сущность элементовъ, съ мнѣніемъ, что тѣла состоятъ якобы изъ различныхъ свойствъ, представителями которыхъ должны служить сѣра, соль и ртуть.

Составными частями тѣлъ могутъ быть,— по мнѣнію Ванъ Гельмонта — не отвлеченныя понятія, произвольно вымышленныя свойства, но дѣйствительныя тѣла, которыя можно получить, предметы осязаемые и видимые.

И въ этомъ именно воззрѣніи впервые выступаетъ новое

понятіе элемента въ той формѣ, въ какой оно существуетъ еще въ настоящее время. Элементы, или составныя части тѣлъ, представляютъ собою матеріальныя тѣла,—вещества, изъ которыхъ можно составить данное тѣло, или же на которыя его можно разложить посредствомъ надлежащихъ химическихъ манипуляцій. Эти составныя части существуютъ еще и въ сложныхъ тѣлахъ, но въ другомъ видѣ. Упомянутый мною выше опытъ съ мнимымъ превращеніемъ желѣза въ мѣдь при погруженіи ножа въ растворъ купороса, Ванъ Гельмонтъ объясняетъ весьма просто тѣмъ, что мѣдь происходитъ не изъ желѣза, а изъ купороса, составную часть котораго она представляетъ.

Главною составной частью всѣхъ тѣлъ, по мнѣнію Ванъ Гельмонта, является вода. Доказательствомъ служитъ то, что вода образуется при сжиганіи большинства горючихъ тѣлъ, какъ то: маселъ, воска, виннаго спирта и т. д.

Вода представляетъ единственную составную часть растеній, потому что растеніе живетъ только водой и только воду пьетъ изъ земли. Это утвержденіе, которое считалось истиной вплоть до середины 19 столѣтія, доказывалось даже слѣдующимъ весьма интереснымъ количественнымъ опытомъ.

Ванъ Гельмонтъ насыпалъ въ горшокъ опредѣленное количество земли и посадилъ въ нее растительное зерно. Онъ поливалъ землю чистой водой, и черезъ нѣкоторое время вынулъ растеніе изъ горшка и вторично взвѣсилъ землю. Оказалось, что вѣсъ земли не уменьшился, и отсюда онъ заключилъ, что растеніе строитъ свои органы исключительно изъ воды. Въ настоящее время мы знаемъ, что въ данномъ случаѣ главную роль играетъ воздухъ.

Но, несмотря на это, упомянутый опытъ весьма знаменателенъ, такъ какъ онъ составляетъ одну изъ первыхъ попытокъ отвѣчать опытомъ на вопросы природы, а съ другой стороны является чуть ли не первымъ примѣромъ примѣненія въ химіи количественнаго метода.

Вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ опытъ показываетъ намъ, съ какой осторожностью естествоиспытатель долженъ объяснять факты.

Рыбы, по мнѣнію Ванъ Гельмонта, также состоятъ только

изъ воды, такъ какъ, живя въ водѣ, только изъ нея и могутъ получать вещество для своихъ органовъ.

Далѣе мы находимъ у Ванъ Гельмонта мысль, что причину жизненныхъ явленій, рожденія, развитія и размноженія всѣхъ живыхъ существъ составляетъ ферментація, что средствомъ пищеваренія является желудочный сокъ и т. д.

Всѣ эти мысли производятъ на современнаго читателя впечатлѣніе пророческихъ откровеній; онѣ какъ будто доказываютъ присутствіе у автора способности предвидѣть, хотя и неясно, тѣ истины, открытіе и точное обоснованіе которыхъ было удѣломъ позднѣйшихъ поколѣній.

Но достаточно перевернуть нѣсколько страницъ, чтобы опять очутиться среди средневѣковыхъ сказокъ и предразсудковъ. Такъ, Ванъ Гельмонтъ приписываетъ главную роль во всѣхъ человѣческихъ дѣйствіяхъ, а особенно въ процессѣ пищеваренія, особому духу, названному имъ Археемъ.

Причиной болѣзней являются различныя расположенія Архея: лѣность, страхъ, гнѣвъ или слабость. Слѣдовательно, лѣченіе болѣзней должно стремиться къ обласканію Архея, къ воздѣйствію легкими средствами на его чувства.

Самымъ выдающимся открытіемъ Ванъ Гельмонта является разграниченіе различныхъ видовъ воздуха, которымъ онъ впервые далъ названіе газовъ. До тѣхъ поръ былъ извѣстенъ лишь одинъ видъ газообразныхъ тѣлъ, или «упругихъ жидкостей»,— воздухъ. Только Ванъ Гельмонтъ обратилъ вниманіе на отличіе воздуха отъ другихъ газовъ.

Онъ различалъ «лѣсной» газъ, называемый теперь углекислымъ газомъ или двуокисью углерода, и «сухой» газъ; подъ этимъ послѣднимъ именемъ онъ соединялъ различные горючіе газы. Это именно открытіе должно было составить новую эпоху. Ему суждено было стать началомъ новаго направленія въ химіи, началомъ новой эпохи—«пневматической химіи». Въ эту эпоху въ химіи впервые получили доступъ точные методы; такимъ образомъ, Ванъ Гельмонтъ представляетъ переходное звено къ новой эпохѣ, разборомъ которой мы займемся въ слѣдующей лекціи.

ИСТОЧНИКИ.

G. Agricola. De re metallica. 1557.

Schneider. Geschichte der Alchemie. Halle, 1832.

K. Sudhoff. Jatromathematiker, vornehmlich im 15 u. 16 Jahrhundert. Breslau, 1902.

C. Engler. Der Stein der Weisen. Karlsruhe, 1889.

F. Strunz. Theophrastus Paracelsus. Das Buch Paragranum. Leipzig, 1903.

F. Strunz. Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance.

H. Kraemer. Weltall und Menschheit., Berlin, 1902. т. V.

Jan Zawidzki. Anfänge der Chemie in Polen. Diergarts Beiträge zur Geschichte der Chemie. Berlin, 1908.

H. Peters. Wer ist der Erfinder des europäischen Porzellans. Diergarts Beiträge aus der Geschichte d. Chemie. Berlin, 1908.

П. Вальденъ. Uber die Pflege der Chemie in Russland bis zum Ausgang des XVIII Jahrhunderts. Diergarts Beiträge.

ЛЕКЦІЯ III.

Флогистонъ и ниспроверженіе его Антономъ Лавуазье.

Содержаніе: Подраздѣленіе исторіи химіи. — Характеристика отдѣльныхъ эпохъ. — Химія вступаетъ въ новѣйшій періодъ. — Происхожденіе и значеніе академій. — Химическая лабораторія временъ флогистона. — Основы химической системы. — Газы даютъ начало пневматической химіи. — Открытіе важнѣйшихъ газовъ. — Химическая система основывается на принципѣ происхожденія (генетическая система). — Бойль — отецъ аналитическаго искусства. — Огонь, разсматриваемый, какъ химическое явленіе. — Что представлялъ собою флогистонъ. — Отрицательный вѣсъ. — Лавуазье. — Его молодость. — Госпожа Лавуазье. — Объясненіе отдѣльныхъ явленій при помощи теоріи горѣнія. — Горѣніе есть не разложеніе веществъ, а соединеніе горючихъ тѣлъ съ кислородомъ. — Дальнѣйшіе труды Лавуазье. — Его политическія воззрѣнія. — Обвиненіе и казнь.

Мм. Гг.

Знаменитый изслѣдователь исторіи химіи, Германъ Коппъ, тщательнымъ работамъ котораго мы обязаны познаніемъ первыхъ ступеней развитія нашей науки, подраздѣляетъ исторію химіи на 5 періодовъ:

1. Первый періодъ: отъ древнѣйшихъ временъ до IV вѣка послѣ Р. Х.

2. Періодъ алхиміи: отъ середины IV столѣтія до первой четверти XVI столѣтія.

3. Періодъ врачебной химіи: отъ первой четверти XVI до середины XVII столѣтія.

4. Періодъ теоріи флогистона: отъ середины XVII до послѣдней четверти XVIII столѣтія.

5. Періодъ количественныхъ изслѣдованій: отъ послѣдней четверти XVIII столѣтія до новѣйшихъ временъ.

Съ первыми тремя періодами мы уже познакомились на двухъ предыдущихъ лекціяхъ. Итакъ, мы видѣли, что первые зачатки химическихъ познаній возникли вслѣдствіе матеріальныхъ стремленій къ улучшенію условій жизни, и что случайно открытые факты вскорѣ пріобрѣли практическое примѣненіе и привели къ искусственному изготовленію цѣлаго ряда тѣлъ.

Систематизацію этихъ фактовъ мы нашли въ естествознаніи греческихъ философовъ, въ особенности у Аристотеля. Но только въ періодъ алхиміи замѣчается выдѣленіе химіи въ отдѣльную отрасль науки со спеціальной цѣлью. Эта цѣль была, къ сожалѣнію, призрачной: полученіе золота и благородныхъ металловъ изъ неблагородныхъ.

Эта цѣль измѣняется въ началѣ XVI вѣка. Парацельзъ видитъ задачу химіи не въ мечтахъ объ искусственномъ изготовленіи золота, но въ объясненіи и лѣченіи болѣзней. Цѣлый рядъ ятрохимиковъ преслѣдуетъ эту цѣль съ неутомимымъ усердіемъ. Истинную, неизмѣнную цѣль химіи узнали лишь въ серединѣ XVII вѣка, и съ тѣхъ поръ химія изъ вспомогательной науки, которую заставляли служить чужимъ богамъ, превращается въ самостоятельную науку, намѣчающую себѣ собственные вопросы для ихъ опытного рѣшенія.

Въ сегодняшней лекціи мы постараемся изслѣдовать, какимъ образомъ произошла эта эволюція воззрѣній на задачи и цѣли химіи.

Въ средніе вѣка самодержавно господствовала еще наука Аристотеля. Этому знаменитому естествоиспытателю и философу удалось заключить всю науку своего времени въ книги, и онѣ на долгое время служили скалой, о которую разрушался всякій прогрессъ, всякія попытки введенія чего-либо новаго въ область естественныхъ наукъ. Наука Аристотеля, признанная католическою церковью, нашла въ ней защитницу; съ тѣхъ поръ церковь сама оказывается заинтересованной въ подавленіи всякихъ новыхъ воззрѣній, всякихъ открытій, поскольку онѣ противорѣчили догмамъ Аристотеля.

Повсюду господствовала вѣра въ безошибочность этой системы, —вѣра, вредная для развитія всякой науки, которая не признаетъ и не можетъ признавать никакой догмы, никакого авторитета, кромѣ лишь одного,—опыта. Такимъ образомъ въ средніе вѣка

науки жили половинчатой жизнью, будучи терпимы лишь въ качествѣ вспомогательныхъ орудій; имъ предоставлялось служить побочнымъ цѣлямъ, но доступъ къ главнымъ задачамъ, къ главнымъ философскимъ вопросамъ былъ имъ строго воспрещенъ.

Кромѣ того, средневѣковые ученые, а, слѣдовательно, и химики, жившіе преимущественно на содержаніи владѣтельныхъ князей, находились въ полной зависимости отъ ихъ милости и ихъ настроеній, а это обстоятельство ни въ коемъ случаѣ не могло способствовать развитію свободнаго научнаго изслѣдованія.

Только реформація церкви и возрожденіе наукъ и искусствъ ускорили конецъ этого ненормальнаго положенія вещей, отведя наукамъ подобающее имъ мѣсто. Перечисленіе заслугъ Коперника, Галлилея, Бэкона Веруламскаго,—первыхъ борцовъ за освобожденіе опытныхъ наукъ,—выходитъ за предѣлы этихъ лекцій. Извѣстно, что ихъ имена стали памятниками ихъ дѣлъ.

Подобнаго рода коренное измѣненіе воззрѣній не могло остаться безъ вліянія на химію. Изъ монастырей и задворковъ, гдѣ ею доселѣ занимались какъ тайной наукой, она появляется, наконецъ, на свѣтъ Божій.

Въ это же время появились союзы свободныхъ изслѣдователей и ученыхъ, ученыя общества, гдѣ оглашались новыя открытія. Эти общества въ значительной мѣрѣ способствовали обогащенію различныхъ отраслей науки новыми вопросами и идеями.

Первое учрежденіе подобнаго рода появилось въ Италіи. Въ 1648 г. подъ покровительствомъ великаго князя Фердинанда II была основана Академія во Флоренціи. Это была знаменитая «Academia del Cimento» (опытная академія). Впослѣдствіи она была перенесена въ Римъ, гдѣ существуетъ и по настоящее время и издаетъ свои труды подъ названіемъ: «Rendiconti della Academia del Cimento».

Немного спустя во Франціи была основана въ царствованіе Людовика XIV извѣстная парижская Академія Наукъ («Académie des Sciences»). Изслѣдованія ея членовъ издавались въ извѣстіяхъ этой академіи, а впослѣдствіи въ пользующихся еще и теперь широкимъ распространеніемъ «Comptes rendus hébdomadaires de l'Académie des Sciences à Paris».

Приблизительно въ то же время, въ 1662 г., образовалось въ Англіи Королевское Общество («Royal Society of London»), записки котораго «Philosophical Transactions» появляются періодически еще и въ настоящее время. Основателемъ и вмѣстѣ съ тѣмъ однимъ изъ самыхъ блестящихъ свѣтилъ этой академіи былъ Робертъ Бойль, о заслугахъ котораго въ химіи мы вскорѣ будемъ говорить болѣе подробно. Затѣмъ въ Эдинбургѣ и Дублинѣ были основаны аналогичныя общества, которыя вскорѣ также пріобрѣли извѣстность и всеобщее одобреніе.

Примѣръ этихъ трехъ передовыхъ странъ вскорѣ нашелъ подражателей. Появляются академіи въ Голландіи (въ Гаарлемѣ); въ Германіи частное общество ученыхъ, основанное еще въ 1651 г. во Франкфуртѣ на Майнѣ, утверждается въ 1672 г. императоромъ Леопольдомъ I и повышается въ званіе академіи подъ именемъ «Academia Caesareo-Leopoldina». Берлинъ, Мюнхенъ, Геттингенъ слѣдуютъ данному примѣру.

Въ Польшѣ ученыя общества съ болѣе широкимъ вліяніемъ и значеніемъ появились значительно позже. Несмотря на то, что университетъ въ Краковѣ существовалъ уже съ середины XIV вѣка (1360), первый постоянный и имѣющій свою исторію союзъ людей науки возникъ только въ 1800 г., — въ извѣстномъ Обществѣ Друзей Наукъ въ Варшавѣ, существовавшемъ до 1832 г. и оказавшемъ чрезвычайныя заслуги въ дѣлѣ распространенія знанія и просвѣщенія въ истощенной борьбою странѣ. Немного спустя, въ 1818 г., было основано Научное Общество въ Краковѣ. Это общество въ 1872 г. было переименовано императоромъ Францомъ Іосифомъ въ Академію Наукъ, которая въ настоящее время составляетъ центръ польскаго научнаго движенія.

Не отстаетъ на этомъ пути и Россія. Петръ Великій, царь-реформаторъ, учредилъ въ 1724 г. Петербургскую академію; членами ея, кромѣ русскихъ ученыхъ, какъ знаменитый Ломоносовъ, состояли преимущественно выдающіеся иностранные ученые: математикъ Эйлеръ и много другихъ. Уже въ 1748 г. по почину Ломоносова, перваго профессора химіи въ Россіи, при Петербургской Академіи Наукъ построена была первая русская химическая лабораторія.

Періодическія изданія этихъ академій подъ названіемъ «Извѣ-

стій», «Отчетовъ», «Записокъ» давали ученымъ возможность распространять результаты своихъ изслѣдованій и знакомить общество съ успѣхами науки, неустанно усиливая этимъ путемъ интересъ къ научной работѣ. Отчеты академій играли въ тѣ времена ту же роль, какую теперь играютъ различные научные журналы. Они стали средствомъ быстраго распространенія новѣйшихъ открытій, которыя въ прежнее время должны были ждать цѣлые годы, пока ихъ печатали въ сборникахъ, издаваемыхъ самими изслѣдователями. Съ той поры начинается болѣе быстрое развитіе всѣхъ отраслей науки.

Съ другой стороны, академіи оказывали своимъ членамъ нравственную поддержку въ борьбѣ съ умственнымъ консерватизмомъ имущихъ классовъ. Благодаря диспутамъ, которые устраивались академіями, ложные взгляды исправлялись, и истина торжествовала.

Въ чемъ выразилось вліяніе этого общаго научнаго прогресса на химію? Прежде чѣмъ перейти къ подробному разбору этого вопроса, необходимо бросить ретроспективный взглядъ на совокупность извѣстныхъ въ тѣ времена химическихъ фактовъ.

Изъ темной, таинственной кухни адепта алхиміи, въ которой мы такъ долго пребывали въ предыдущей лекціи, перенесемся въ современную обширную и свѣтлую лабораторію періода флогистиковъ, изображенную на картинѣ, заимствованной изъ книгъ того времени.

Насъ поражаетъ глубокая разница. Алхимики, по примѣру древнихъ, пользовались при химическихъ манипуляціяхъ преимущественно процессомъ сплавленія; въ новой же лабораторіи мы видимъ рядъ новыхъ приборовъ для различныхъ химическихъ процессовъ.

Кромѣ ручной печи для сплавленія тѣлъ, которая лишь въ новѣйшее время уступила мѣсто современной электрической печи, мы видимъ здѣсь изящныя колбы и пробирки, герметически закрытыя бутылки для жидкостей и порошковъ, наконецъ, различныя реторты и пріемники, которые до нашего времени считаются эмблемами химическаго искусства. Всѣ эти сосуды служатъ для новаго вида химическихъ операцій, а именно, для реакцій въ растворахъ и жидкихъ смѣсяхъ, для такъ называемыхъ превращеній «мокрымъ путемъ». А рядомъ съ ними мы видимъ пневматическія ванны, колокола и

собиратели газовъ, т. е. приборы, примѣняемые въ «пневматической химіи» при изученіи газообразныхъ тѣлъ. За лабораторнымъ столомъ сидитъ химикъ въ парикѣ, одѣтый по послѣдней модѣ, и производитъ реакцію въ пробирной стклянкѣ, совѣ-

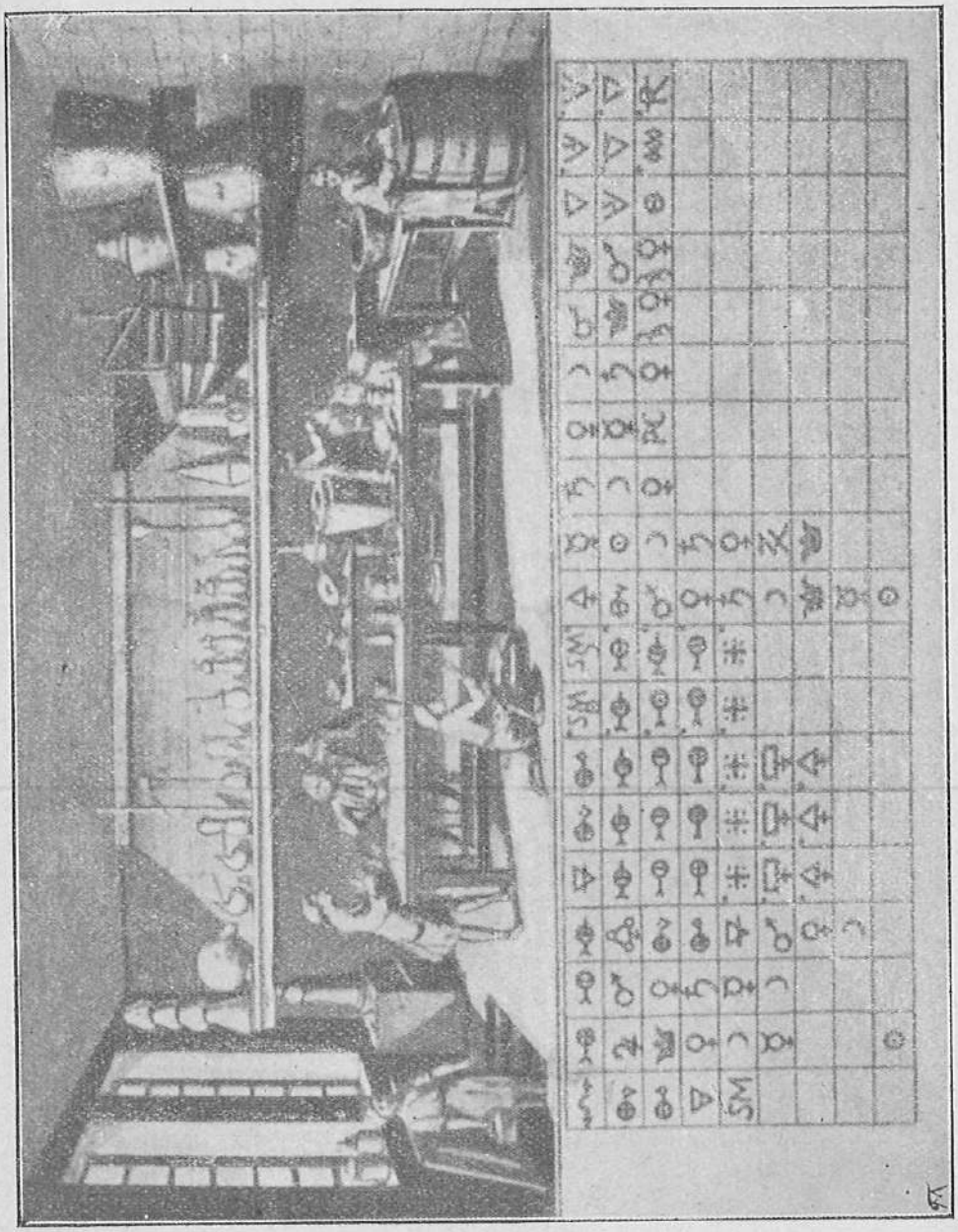


Рис. 17. Химическая лабораторія флогистоннаго періода. Внизу символы химическихъ веществъ, употреблявшіеся въ то время.

туясь со своимъ товарищемъ, вѣроятно, физикомъ. Двое молодыхъ людей, не то служителей, не то ассистентовъ, приготовляютъ реагенты, устанавливаютъ приборы для опытовъ, чистятъ сосуды послѣ употребленія.

Въ нижней части картины мы видимъ химическіе символы, употреблявшіеся въ то время для обозначенія элементовъ и химическихъ соединеній.

Препараты, получавшіеся посредствомъ этихъ приборовъ, отличались большимъ разнообразіемъ. Одинъ взглядъ на систему извѣстныхъ въ то время тѣлъ убѣдитъ насъ въ этомъ.

Стремленія алхимиковъ, безплодныя въ смыслѣ достиженія поставленной цѣли, но весьма цѣнныя въ виду потраченнаго на нихъ запаса работы, а затѣмъ труды ихъ односторонникъ преемниковъ, т. е. ятрохимиковъ, значительно увеличили число искусственно приготовляемыхъ препаратовъ.

Къ семи металламъ, которые были извѣстны древнимъ народамъ, присоединились два новыхъ: металлическая сурьма (по латыни «regulus antimonii» и открытый Агриколой въ 1529 г. висмутъ. Этотъ классъ тѣлъ, объединенный подъ общимъ именемъ металловъ, отличали отъ другихъ главнымъ образомъ по физическимъ свойствамъ, какъ наиболѣе видимымъ: блеску, растяжимости, теплопроводности и т. д. Металлы по ихъ химическимъ свойствамъ, а особенно по дѣйствію на нихъ нагрѣванія на воздухѣ, раздѣлялись на «неблагородные» и «благородные». Неблагородные горятъ при нагрѣваніи и спустя нѣкоторое время ржавѣютъ; къ нимъ принадлежатъ: желѣзо, мѣдь, цинкъ, олово, свинецъ, сурьма и висмутъ. Благородные металлы — золото, серебро и ртуть — не горятъ и не ржавѣютъ.

Тѣла, образующіяся при горѣніи (или ржавѣніи) металловъ, назывались «известями». Эти извести въ тѣ времена считались составными частями, элементами металловъ. Металлы же, по примѣру алхимиковъ, все еще считали сложными тѣлами. Согласно взглядамъ того времени, металлы состоятъ изъ соотвѣтственнаго рода извести и изъ «флогистона», особаго тѣла, которое сыграло весьма важную роль въ развитіи теоретическихъ воззрѣній разсматриваемой эпохи, о чемъ дальше скажемъ подробнѣе. Такъ, напримѣръ, окалина, образующаяся при горѣніи желѣза, называлась желѣзной известью, черный продуктъ горѣнія мѣди — мѣдной известью, бѣлый порошокъ, получаемый при горѣніи цинка, — цинковой известью и т. д.

Съ классомъ такъ называемыхъ известей сходна другая

группа тѣлъ. Эти тѣла, образующіяся при обжиганіи солей, называются «землями». Въ то время были извѣстны и различались не много видовъ земель: известковая земля, получаемая при обжиганіи известковаго камня, или обыкновенная известь, примѣняемая въ строительномъ дѣлѣ, горькая земля (магнезіальная земля), образующаяся при обжиганіи горькой соли, наконецъ, квасцовая земля (глина), получаемая какъ продуктъ обжиганія квасцовъ, — вотъ важнѣйшіе представители этого класса.

Въ настоящее время оба эти класса тѣлъ,—т. е. извести и земли, — которые впослѣдствіи оказались равнозначущими, принято соединять подъ общимъ именемъ «окисловъ».

Слѣдующій классъ тѣлъ, такъ называемыя соли, содержитъ различныя естественныя и искусственныя соединенія. Кромѣ повареной соли, общеизвѣстнаго представителя этого класса, къ нему причисляются: купоросы, квасцы, амміачная соль, горькая соль и глауберова соль, открытая ятрохимикомъ Глауберомъ и названная его именемъ.

Отдѣльная группа солей, отличающаяся особыми химическими свойствами, была обособлена въ классъ щелочныхъ солей, названныхъ такъ потому, что прежде онѣ получались выщелачиваніемъ золы. Этотъ щелокъ содержитъ ѣдкое кали, тѣло, которое было извѣстно и примѣнялось еще въ древности. Щелочныя соли дѣлились на два подотдѣла: на слабыя щелочныя соли или щелочи, къ которымъ причислялись сода и поташъ, и ѣдкія щелочныя соли, получаемыя варкой слабыхъ солей съ известью. Ихъ ѣдкое, жгучее дѣйствіе приписывали содержанію флогистона. Изъ щелочныхъ солей издавна была извѣстна летучая щелочная соль; это — амміачный спиртъ или амміакъ.

Совершенно противоположныя свойства обнаруживаетъ VI классъ, — кислоты. Онѣ дѣлились тогда на три подотдѣла: во-первыхъ, минеральныя кислоты, къ которымъ принадлежали важнѣйшія изъ кислотъ: сѣрная, соляная и азотная, а затѣмъ были присоединены фосфорная и борная; во-вторыхъ, растительныя кислоты, изъ которыхъ были уже извѣстны: уксусная (составная часть уксуса), щавелевая, яблочная и янтарная; наконецъ, животныя кислоты, изъ которыхъ молочная и мочевая кислоты были открыты и изслѣдованы въ эту именно эпоху.

Въ этой системѣ не вмѣщались три тѣла, которыя должны

были поэтому вести самостоятельное существованіе: во-первыхъ, вода, такъ какъ не было извѣстно, считать ли ее элементомъ или сложнымъ тѣломъ; затѣмъ сѣра и фосфоръ, которые всѣми принимались за соединенія сѣрной и фосфорной кислоты съ флогистономъ. Фосфоръ, который только въ позднѣйшее время начали примѣнять для изготовленія спичекъ, былъ открытъ въ 1669 г. алхимикомъ Брандтомъ въ мочѣ; этотъ алхимикъ искалъ философскій камень и полагалъ, что онъ долженъ находиться именно въ этой жидкости.

Послѣдній классъ, въ этотъ лишь періодъ обособившійся и подробно изслѣдованный, содержитъ вещества съ особыми физическими свойствами, — газообразныя тѣла. Химія газовъ, называвшаяся тогда пневматической химіей, есть тотъ отдѣлъ химіи, изслѣдованіе котораго дало возможность надлежащимъ образомъ понять важнѣйшія химическія явленія; эта область химіи до послѣдняго времени, т. е. до новѣйшихъ открытій относительно превращенія радія въ гелій, оставалась самой интересной и наиболѣе многообѣщающей.

Намъ уже извѣстно, что Ванъ Гельмонтъ различалъ разные виды воздуха, которые онъ называлъ газами, какъ, напримѣръ, лѣсной газъ и горючій газъ. Для дальнѣйшихъ изслѣдованій химической стороны вопроса требовалось предварительное подробное ознакомленіе съ физическими свойствами воздуха и сходныхъ съ нимъ веществъ.

Геніальныя изслѣдованія Торричелли о давленіи воздуха и поражавшіе современниковъ опыты съ воздухомъ, произведенные магдебургскимъ бургомистромъ Герике, впервые обнаружили тѣлесность воздуха, доказали, что воздухъ представляетъ собою вещество, во многихъ отношеніяхъ сходное съ обыкновенными жидкостями, но гораздо болѣе тонкое. Нужно было прежде всего научиться обращаться съ этимъ веществомъ, перемѣщать его изъ одного сосуда въ другой, подобно тому какъ переливаютъ воду; нужно было изобрѣсти и усовершенствовать методы собиранія, храненія и измѣренія газовъ. Лишь послѣ того можно было приступить къ опытнымъ изслѣдованіямъ химическаго дѣйствія различныхъ газовъ, къ установленію химическихъ отличій между разными «видами воздуха».

И тогда только стало вполнѣ очевиднымъ, что въ природѣ

и лабораторіи существуютъ и могутъ быть получены различные виды газовъ, отличные отъ воздуха. Изслѣдователи собирали эти газы, изучали ихъ свойства и давали имъ названія.

Такимъ образомъ были открыты одинъ за другимъ слѣдующіе газы: Блэкъ открылъ двуокись углерода (постоянный воздухъ), Кэвендишъ — водородъ (горючій воздухъ) и двуокись сѣры (сѣрнистый газъ); хлоръ (соляная кислота, лишенная флогистона) открытъ Шееле; наконецъ, англійскому химику Пристлею и упомянутому шведскому аптекарю Шееле удалось доказать, что воздухъ представляетъ собой не однородное тѣло, а смѣсь двухъ газовъ: кислорода (воздуха, лишеннаго флогистона) и азота (называвшагося тогда флогистизированнымъ воздухомъ). Мы вскорѣ увидимъ, какую коренную перемѣну вызвали эти открытія въ воззрѣніяхъ на сущность химическихъ явленій.

Если мы еще разъ бросимъ взглядъ на всю приведенную выше химическую систему періода флогистиковъ, то убѣдимся, что не только количество извѣстныхъ и изслѣдованныхъ тѣлъ значительно увеличилось, но и сама система потеряла тотъ поверхностный, можно даже сказать, случайный характеръ, какимъ отличались предшествовавшія системы — Аристотеля и алхимиковъ. Въ противоположность старымъ системамъ новая систематика не основывается на физическихъ свойствахъ, которыя, хотя и легко обнаруживаются при поверхностномъ изслѣдованіи, но измѣнчивы и, какъ я указалъ на предыдущей лекціи, зависятъ отъ происхожденія продуктовъ, отъ случайныхъ загрязненій, наконецъ, отъ обстоятельствъ и условій, при которыхъ они подвергались изслѣдованію. Здѣсь впервые выступаетъ новый принципъ систематики—генетическая связь тѣлъ, т. е. зависимость, основанная на происхожденіи однихъ тѣлъ изъ другихъ.

Система химическихъ соединеній въ періодѣ флогистона.

I классъ. Металлы:
1) благородные: золото, серебро, ртуть;
2) неблагородные: желѣзо, мѣдь, цинкъ, олово, свинецъ, сурьма, висмутъ.

Окислы:
II классъ. Извести: желѣзная известь, мѣдная известь, цинковая известь.
III классъ. Земли: известковая земля, горькая земля, квасцовая земля.

IV классъ. Соли: повареная соль, амміачная соль, купоросы, квасцы, горькая соль, глауберова соль.

V классъ. Щелочныя соли (щелочи):
1) слабыя: поташъ, сода;
2) ѣдкія: ѣдкое кали, ѣдкій натръ;
3) летучія: амміачный спиртъ.

VI классъ. Кислоты:
1) минеральныя: сѣрная, соляная, азотная, фосфорная, борная;
2) растительныя: уксусная, щавелевая, яблочная, янтарная;
3) животныя: молочная, мочевая.

VII классъ: вода, сѣра, фосфоръ.

VIII классъ. Газы: углекислый газъ, сѣрнистый газъ, водородъ, хлоръ, кислородъ, азотъ.

Хотя металлы все еще различаются на основаніи ихъ внѣшнихъ свойствъ, какъ то блеска, растяжимости, и т. д. но уже второй классъ — металлическія извести — выводится изъ перваго въ силу происхожденія. Если первичныя тѣла, металлы, принадлежатъ къ одному классу, то продукты ихъ сжиганія, т. е. извести, также должны составлять общій классъ.

Равнымъ образомъ обособившійся классъ кислотъ подраздѣляется на подотдѣлы на основаніи происхожденія: минеральнаго, растительнаго или животнаго. Оказалось, что нѣкоторые газы, напримѣръ, углекислый газъ и сѣрнистый газъ, — по дѣйствію на нихъ химическихъ реагентовъ, — приближаются къ классу кислотъ, хотя по физическимъ свойствамъ и отличаются отъ обыкновенныхъ кислотъ. На это указываютъ и ихъ названія: углекислота и сѣрнистая кислота.

Итакъ, мы видимъ, что въ химіи восторжествовалъ тотъ же естественный или генетическій принципъ систематики, который приблизительно въ то же время, благодаря вліянію Кювье, пріобрѣлъ право гражданства въ зоологіи и ботаникѣ; это есть принципъ общаго происхожденія.

Этотъ принципъ въ рукахъ опытнаго экспериментатора представляетъ прекрасное средство, которое даетъ возможность различать тѣла и обнаруживать ихъ присутствіе даже въ весьма сложныхъ смѣсяхъ. Первые основные шаги въ этомъ направленіи положилъ Робертъ Бойль, который сдѣлалъ свое имя безсмерт-

нымъ какъ въ физикѣ, такъ и въ химіи: онъ открылъ извѣстный законъ относительно давленія газовъ и обосновалъ аналитическую химію.

Бойль родился въ 1627 г. въ Ирландіи. Онъ былъ седьмымъ сыномъ графа Корка. Молодые годы онъ провелъ большей частью заграницей, въ Швейцаріи и въ Италіи. Когда матеріальное благосостояніе его отца было подорвано послѣдствіями ирландской революціи, онъ вернулся на родину. Это было въ 1642 г. Нѣсколько лѣтъ спустя онъ переселился въ Оксфордъ, гдѣ основалъ въ 1654 г. «Философскую коллегію». Эта коллегія впослѣдствіи была преобразована въ знаменитое «Лондонское Королевское Общество», о значеніи котораго я уже сегодня упомянулъ. Въ «Философской коллегіи» Бойль впервые демонстрировалъ свои опыты надъ сжимаемостью воздуха. Умеръ онъ на 65-омъ году жизни въ Лондонѣ.



Рис. 18. Робертъ Бойль (1627—1691).

Бойль показалъ, что различать тѣла и устанавливать ихъ тождественность слѣдуетъ не по ихъ окраскѣ, блеску, сопротивленію и прочимъ физическимъ свойствамъ, а по тому, какъ они ведутъ себя въ аналогичныхъ химическихъ превращеніяхъ. Такъ, если два подобныхъ тѣла подвергнуть одинаковому химическому процессу, напримѣръ, горѣнію, то и продукты этого превращенія должны быть подобны. Обратно, если изъ двухъ тѣлъ получаются подобные продукты, то мы въ правѣ утверждать, что и начальныя тѣла сходны между собою, что

они принадлежатъ къ одному и тому же химическому классу.

На этомъ именно принципѣ Бойль построилъ и научно обосновалъ искусство разложенія тѣлъ, съ той поры признанное единственной истинной задачей химіи. Этотъ взглядъ на цѣль химіи удержался долгое время; такъ, напримѣръ, на голландскомъ языкѣ химія до сихъ поръ носитъ названіе «искусства раздѣленія тѣлъ» («Scheikunde»).

Чтобы хоть однимъ примѣромъ выяснить характеръ многочисленныхъ методовъ, введенныхъ Бойлемъ въ науку, я покажу здѣсь воздѣйствіе нѣкоторыхъ растительныхъ красящихъ веществъ на два весьма важные класса: кислотъ и основаній (называвшихся тогда щелочными солями). Этотъ методъ, предложенный впервые Бойлемъ, вскорѣ пріобрѣлъ общее одобреніе и въ настоящее время является основнымъ методомъ аналитической химіи.

Здѣсь у меня въ двухъ пробиркахъ имѣется растворъ красящаго вещества — лакмуса, находящагося въ извѣстномъ видѣ водорослей, называемыхъ roccella tinctoria. Оба эти раствора лакмуса, какъ видимъ, фіолетоваго цвѣта. Достаточно, однако, къ цѣлой массѣ раствора прибавить одну каплю какой-либо кислоты, напримѣръ, сѣрной, чтобы окрасить весь растворъ въ красный цвѣтъ. Совершенно противоположное дѣйствіе оказываютъ основанія. Если ко второй пробиркѣ прибавить капельку раствора ѣдкаго натра, сейчасъ же весь растворъ пріобрѣтаетъ темноголубую окраску. Такимъ образомъ, лакмусовый растворъ является весьма чувствительнымъ средствомъ, или «реагентомъ» для отличія кислотъ и основаній.

Перечисленіе всѣхъ или хотя бы только важнѣйшихъ примѣненій «химическаго анализа» повело бы насъ слишкомъ далеко. Поэтому достаточно здѣсь упомянуть, что ни одна изъ существующихъ отраслей человѣческой дѣятельности не могла бы обойтись въ настоящее время безъ этого искусства. Не говоря уже о промышленности, которая пользуется имъ безпрестанно во всѣхъ своихъ отрасляхъ, укажу только, что врачъ примѣняетъ его все чаще для точнаго діагноза различныхъ болѣзней, что юристъ неоднократно находитъ въ результатахъ химическаго анализа безпристрастныя доказательства, болѣе точныя и неопровержимыя, чѣмъ при самыхъ хитрыхъ способахъ судебнаго разслѣдованія.

Но важнѣйшихъ успѣховъ химической науки въ разсматриваемый періодъ слѣдуетъ искать не въ химической систематикѣ, не въ усовершенствованіи аналитическаго искусства. Самымъ главнымъ пріобрѣтеніемъ науки въ это время было изслѣдованіе химическихъ явленій самихъ по себѣ, углубленіе въ сущность химическихъ превращеній. Предметомъ же изученія, послужившимъ примѣромъ для этого объясненія, было первое явленіе, открытое первобытнымъ человѣкомъ, или даже его праотцомъ троглодитомъ: явленіе горѣнія, огонь.

Ибо только въ этотъ періодъ среди химиковъ упрочилось мнѣніе, что огонь есть не вещество, а явленіе, притомъ явленіе, которое можетъ принимать самую разнообразную форму.

Мм. Гг. Многіе изъ разнообразныхъ видовъ огня вамъ въ достаточной степени извѣстны изъ повседневной жизни: вамъ знакомо горѣніе дерева или угля, керосина или газа. И всѣ вы, безъ сомнѣнія, давно уже замѣтили то непріятное обстоятельство, что при всякомъ горѣніи исчезаетъ топливо; исчезаетъ керосинъ въ лампѣ, исчезаетъ дерево и уголь въ печи. Иногда только остается бѣлый порошокъ, который мы называемъ золой. Но всѣ эти вещества не исчезаютъ безплодно: они доставляютъ намъ свѣтъ и теплоту, т. е. тѣ факторы, безъ которыхъ мы въ настоящее время не въ состояніи вообразить себѣ даже самой первобытной культуры.

Суммируя всѣ эти факты, можно сказать, что при каждомъ горѣніи исчезаетъ горючій матеріалъ и вмѣсто него образуется свѣтъ и теплота, а во многихъ случаяхъ и бѣлый порошокъ,—зола.

На основаніи этихъ простыхъ фактовъ профессоръ университета въ Галле Георгій Эрнстъ Шталь около 1700 года создалъ первую теорію горѣнія, которая самодержавно господствовала почти въ продолженіе всего XVIII столѣтія, а отчасти примѣнялась даже въ XIX вѣкѣ. Это была флогистонная теорія.

По Шталю, всѣ горючія тѣла, независимо отъ ихъ происхожденія или свойствъ, содержатъ единую общую часть, одно и то же элементарное тѣло. Это тѣло, которое Шталь назвалъ флогистономъ, превращается при горѣніи въ теплоту и свѣтъ. Но горючія тѣла, напримѣръ, дерево, уголь, металлы,

сѣра и пр. отнюдь не являются «чистымъ» флогистономъ. Они представляютъ собою смѣси, вѣрнѣе, соединенія флогистона съ золой. При горѣніи флогистонъ исчезаетъ, и остается зола.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно вновь соединить золу съ флогистономъ и такимъ образомъ получить обратно горючее тѣло. Намъ уже извѣстно, напримѣръ, что при горѣніи металловъ остается зола, называемая металлической известью. Если эту золу нагрѣвать съ тѣломъ, богатымъ флогистономъ, напримѣръ, съ углемъ, то флогистонъ угля присоединяется къ металлической извести и вновь образуетъ первоначальный металлъ. Такимъ образомъ, окалина, получаемая при горѣніи желѣза, образуетъ при обжиганіи съ углемъ металлическое желѣзо, что можно схематически выразить посредствомъ уравненія:

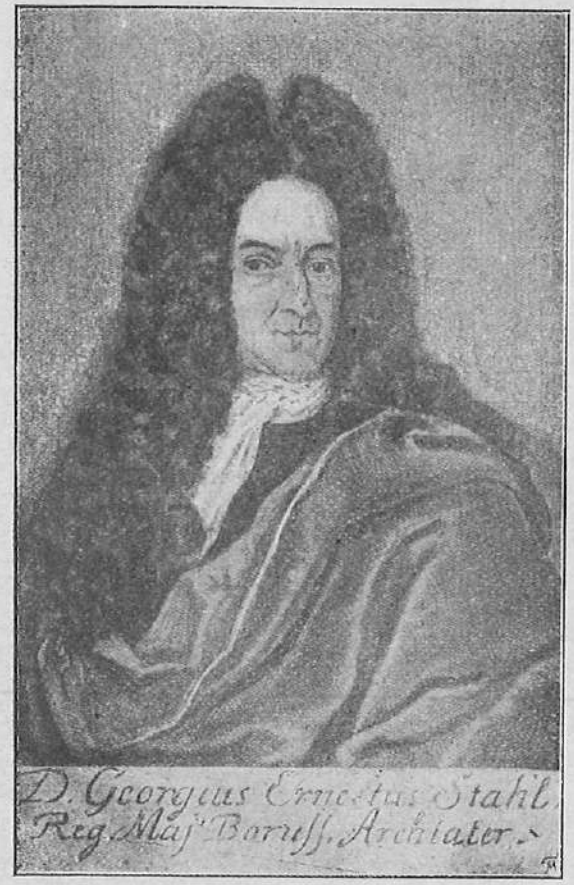


Рис. 19. Георгій Шталь (1660—1734).

желѣзная известь + флогистонъ = желѣзо.

Наоборотъ, при горѣніи желѣза происходитъ разложеніе желѣза на известь и флогистонъ согласно уравненію:

желѣзо = желѣзная известь + флогистонъ.

Правда, уже Бойль замѣтилъ, что при горѣніи исчезаетъ еще нѣчто, помимо горючаго тѣла. Онъ обнаружилъ, что при горѣніи свинца въ закрытомъ сосудѣ исчезаетъ не только свинецъ, но и часть воздуха, а именно приблизительно $^1/_5$ полнаго объема воздуха, взятаго для опыта.

Правда, было уже извѣстно на основаніи повседневнаго

опыта, что при горѣніи могутъ образоваться и новыя тѣла, кромѣ теплоты и свѣта. При горѣніи дерева или угля образуется зола, при горѣніи металловъ — известь, при горѣніи сѣры или угля — газы, отличающіеся отъ воздуха по запаху и по дѣйствію на нихъ реагентовъ. Всѣ эти факты трудно было согласовать съ флогистонной теоріей. Но всѣ извѣстныя въ то время явленія можно было выразить общимъ и точнымъ способомъ, не пользуясь совсѣмъ флогистономъ. Опираясь исключительно на факты, можно сказать, что при горѣніи исчезаетъ горючее тѣло плюсъ пятая часть воздуха (названная впослѣдствіи кислородомъ), образуются же теплота (свѣтъ) плюсъ отличное отъ горючаго матеріала новое вещество, смотря по роду тѣла, подвергшагося горѣнію. Слѣдовательно:

исчезаютъ	образуются
горючее тѣло $+ {}^1/_5$ часть воздуха;	теплота, свѣтъ + новое тѣло (зола, известь, углекислота, сѣрнистая кислота и т. п.).

Итакъ, теорія флогистона не объясняла этихъ явленій. Она представляла лишь сравнительно простое и удовлетворительное для того времени описаніе явленій горѣнія,—описаніе, охватывавшее всѣ частные случаи.

Согласно этой теоріи зола, остающаяся при горѣніи, есть составная часть горючаго вещества. Между тѣмъ было уже извѣстно, что во многихъ случаяхъ, особенно при горѣніи металловъ, остающаяся зола вѣситъ болѣе, чѣмъ первоначальное тѣло. Трудно было допустить, что составная часть тяжелѣе сложнаго тѣла. Чтобы устранить это противорѣчіе, необходимо было предположить, что флогистонъ, эта горючая составная часть металловъ, обладаетъ отрицательнымъ вѣсомъ и вслѣдствіе того не подлежитъ, подобно другимъ тѣламъ, всеобщему притяженію, но, наоборотъ, отталкивается землей.

Интересно, что это предположеніе, которое теперь намъ кажется шуткой, нашло себѣ мнимое подтвержденіе на опытѣ. А именно, было замѣчено, дѣйствительно, что тѣло вѣситъ въ горячемъ состояніи менѣе, чѣмъ въ холодномъ. Это легко обнаружить, нагрѣвая посредствомъ газовой горѣлки стеклянный сосудъ, привѣшенный къ вѣсамъ. Мы замѣчаемъ, что вѣсы выходятъ изъ положенія равновѣсія: сосудъ становится легче благо-

даря нагрѣванію. Такимъ образомъ, по тогдашнимъ воззрѣніямъ считалось незыблемой истиной, что теплота обладаетъ отрицательнымъ вѣсомъ!

Въ настоящее время мы приступаемъ къ подобнымъ опытамъ съ болѣе критическимъ отношеніемъ. Теперь мы знаемъ, что это уменьшеніе вѣса только кажущееся, что оно вызвано токомъ нагрѣтаго воздуха, подымающагося вдоль стѣнокъ сосуда. Теперь мы знаемъ, что вѣсъ остается постояннымъ. Тогда же упомянутое доказательство признавалось вполнѣ достаточнымъ.

Итакъ, флогистонная теорія считалась неоспоримой истиной. Никто не осмѣливался колебать ее, пока не явился человѣкъ, разрушившій однимъ взмахомъ все это прекрасное зданіе. Не отрицаніемъ, не доказательствомъ ея неправильности, а просто тѣмъ, что ему удалось замѣнить ее новой теоріей — лучшей, ибо болѣе простою и болѣе точною. То былъ Лавуазье.

Слѣдуетъ отмѣтить здѣсь фактъ, который весьма часто повторяется не только въ исторіи химіи, но и въ исторіи всѣхъ точныхъ наукъ. Лавуазье не былъ первымъ ученымъ, провозгласившимъ новую, «антифлогистонную» теорію горѣнія, хотя онъ безспорно первый ввелъ ее въ науку. Лавуазье не только опирался на экспериментальныя изслѣдованія газовъ, сдѣланныя почти одновременно другими химиками, Блэкомъ, Шееле и Пристлеемъ: онъ имѣлъ непосредственнаго предшественника въ первомъ русскомъ химикѣ Михаилѣ Васильевичѣ Ломоносовѣ.

Жизнь этого выдающагося ученаго, равно какъ и его труды въ области гуманитарныхъ наукъ: исторіи, словесности и литературы, достаточно извѣстны. Извѣстно, что Михаилъ Васильевичъ, родившійся въ 1711 г.[1]) въ селѣ Денисовкѣ, архангельской губ., былъ простымъ крестьяниномъ, отличавшимся чрезвычайной жаждой знанія. Извѣстно, съ какими трудностями ему пришлось бороться для того, чтобы утолить эту жажду. Ему пришлось бѣжать изъ дому, чтобы попасть въ школу. Здѣсь двадцатилѣтнему юношѣ пришлось сидѣть на одной скамьѣ съ ребятами, непрестанно насмѣхавшимися надъ своимъ старымъ товарищемъ. Притомъ онъ никогда не имѣлъ болѣе одного алтына на содержаніе. Только послѣ пяти лѣтъ героической борьбы, послѣ

[1]) 8-го ноября 1911 г. Императорская Академіи Наукъ въ торжественномъ засѣданіи праздновала 200-лѣтній юбилей дня рожд. М. В. Ломоносова.

того какъ онъ нѣкоторое время пробылъ въ Кіевской Духовной Академіи, ему удалось обратить на себя вниманіе. Онъ былъ



Рис. 20. Михаилъ Васильевичъ Ломоносовъ (1711—1765).

посланъ, какъ лучшій ученикъ, въ Петербургъ, въ Академію Наукъ, а затѣмъ Академіей командированъ за границу для

изученія металлургіи и химіи. За границей Ломоносовъ пробылъ пять лѣтъ, отъ 1736 до 1741 г. Ему часто приходилось терпѣть нужду вслѣдствіе недостаточности назначеннаго содержанія. Но онъ хорошо использовалъ свою поѣздку и пріобрѣлъ весьма солидную подготовку не только практическую, но и теоретическую: онъ изучалъ — главнымъ образомъ подъ руководствомъ Христіана Вольфа въ Марбургѣ—философію, математику, физику, логику и химію.

Вернувшись въ 1741 г. на родину, Ломоносовъ представилъ Академіи Наукъ двѣ диссертаціи, за которыя получилъ степень «адъюнкта» Академіи съ годичнымъ содержаніемъ въ 360 р. Но такъ какъ Академія имѣла тогда очень мало средствъ, то часть жалованія выплачивалась натурой, т. е. книгами, изданными той же Академіей.

Ломоносовъ сейчасъ же сталъ добиваться средствъ для

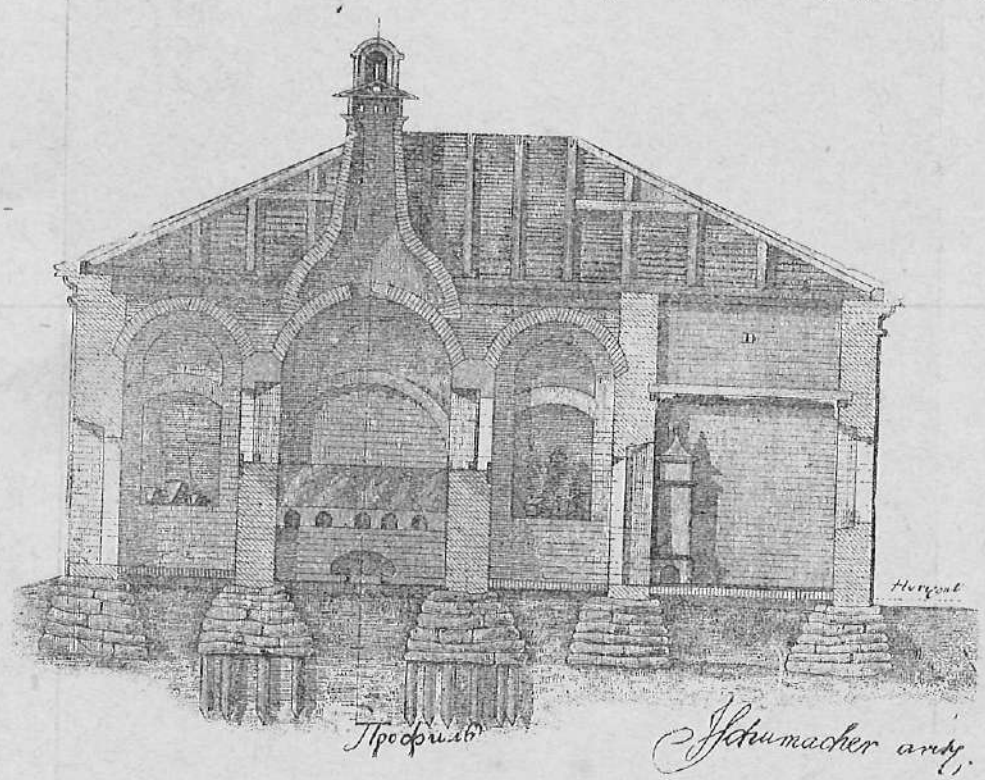


Рис. 21. Лабораторія Ломоносова.

постройки химической лабораторіи; но эти настойчивыя старанія увѣнчались успѣхомъ только спустя шесть лѣтъ: 12-го октября 1748 г. была открыта первая русская химическая лабораторія, построенная по плану Ломоносова, выработанному имъ вмѣ-

стѣ съ архитекторомъ Шумахеромъ. Она имѣла 14 метровъ въ длину, 11 метровъ въ ширину и 4½ метра вышины. Постройка стоила 1344 р., а внутреннее оборудованіе около 600 р.!

Въ этой лабораторіи Ломоносовъ произвелъ цѣлый рядъ изслѣдованій изъ области физической химіи, того отдѣла химіи, который въ то время еще оффиціально не былъ признанъ, и которому только въ послѣднюю четверть минувшаго столѣтія суждено было сыграть столь выдающуюся роль.

Кромѣ того, Ломоносовъ сдѣлалъ цѣлый рядъ весьма важныхъ теоретическихъ открытій, которыя далеко опередили научный уровень эпохи. Въ 1742—1744 г. онъ изложилъ въ диссертаціи, оставшейся, къ сожалѣнію, ненапечатанной, оригинальныя воззрѣнія на природу и свойства атомовъ, весьма близкія къ современной кинетической гипотезѣ газовъ. Теплота и различныя другія физическія явленія сводятся къ движенію частицъ, и такимъ образомъ закладывается основаніе подъ современный законъ сохраненія энергіи. Изъ собственныхъ опытовъ надъ обжиганіемъ металловъ М. В. Ломоносовъ самостоятельно выводитъ законъ сохраненія матеріи, высказанный имъ впервые въ 1748 г. въ письмѣ къ извѣстному математику и члену Петербургской Академіи Наукъ Л. Эйлеру. На русскомъ языкѣ этотъ принципъ впервые былъ опубликованъ Ломоносовымъ въ 1760 г., на 29 лѣтъ раньше Лавуазье.

Но всѣ эти фундаментальныя открытія не были использованы современниками. Въ то время какъ заслуги Ломоносова въ области словесности и исторіи быстро нашли отзвукъ въ тогдашнемъ русскомъ обществѣ, физическія и химическія его работы остались неизвѣстными за границей и даже въ Россіи до послѣдняго времени.

Только въ 1904 г. Б. Н. Меншуткинъ впервые откопалъ изъ пыли архивовъ рукописныя и печатныя диссертаціи Ломоносова (написанныя большей частью на латинскомъ языкѣ), разработалъ съ чрезвычайной заботливостью его лабораторные журналы и доказалъ пріоритетъ этого самороднаго русскаго генія въ важнѣйшихъ теоретическихъ и практическихъ изслѣдованіяхъ.

Насъ интересуютъ здѣсь, главнымъ образомъ, изслѣдованія Ломоносова относительно горѣнія. Въ этомъ отношеніи выдаю-

щимися для той эпохи являются опыты надъ обжиганіемъ металловъ въ закрытыхъ сосудахъ: онъ доказываетъ, что послѣ горѣнія вѣсъ металла остается безъ измѣненія, и приходитъ къ заключенію, что во время горѣнія на открытомъ воздухѣ металлы соединяются съ частью воздуха. Принципъ сохраненія матеріи, о которомъ мы выше уже упомянули, провозглашается Ломоносовымъ съ полной ясностью и сознаніемъ его общаго значенія:

„Всѣ превращенія, происходящія въ природѣ, происходятъ „такъ, что если гдѣ-нибудь что-нибудь прибываетъ, то одновре„менно въ другомъ мѣстѣ что-нибудь убываетъ въ равной мѣрѣ. „Слѣдовательно, если одному тѣлу сколько-нибудь матеріи при„бываетъ, то другое тѣло столько же ея теряетъ. Это общій „законъ природы; онъ приложимъ также къ законамъ движе„нія: тѣло, которое приводитъ въ движеніе другое тѣло по„средствомъ удара, теряетъ столько же собственнаго движенія, „сколько оно передаетъ другому тѣлу“.

Какимъ образомъ случилось, что всѣ эти работы и изслѣдованія не были надлежащимъ образомъ оцѣнены современниками, а послѣ смерти автора были преданы полному забвенію? Б. Н. Меншуткинъ, извлекшій ихъ на дневной свѣтъ черезъ полтора столѣтія, усматриваетъ 3 причины этого явленія:

1) диссертаціи и много записокъ Ломоносова остались незаконченными;
2) его взгляды настолько расходились со взглядами современныхъ ему ученыхъ, что даже не были поняты послѣдними;
3) дѣятельность Ломоносова была чрезвычайно разнообразна; его литературныя заслуги, высоко оцѣненныя современниками, отвлекли ихъ вниманіе отъ его научныхъ изслѣдованій, на которыя многіе смотрѣли тогда, какъ на безполезную трату времени.

Судьба этихъ работъ доказываетъ, сколь безслѣдно пропадаютъ для культуры самыя драгоцѣнныя сѣмена идей, если они падаютъ на неблагопріятную почву. Гораздо болѣе счастливыя условія для воспріятія идей встрѣтилъ тридцать лѣтъ послѣ Ломоносова другой геніальный экспериментаторъ и систематикъ Лавуазье. Антонъ Лаврентій Лавуазье родился въ 1743 г. въ Парижѣ и тамъ же скончался въ 1794 г. По стран-

ному стеченію событій,— хотя, быть можетъ, не вполнѣ случайному,— величайшая революція въ химіи совершилась въ то же время и въ томъ же мѣстѣ, гдѣ произошла величайшая политическая революція, положившая начало современнымъ формамъ правленія.

Отецъ Антона, довольно состоятельный адвокатъ, могъ доставить сыну соотвѣтствующее его положенію воспитаніе. Къ несчастію, ударъ, поразившій вскорѣ семью Лавуазье, разсѣялъ прекрасныя мечты: мать умерла въ молодыхъ лѣтахъ, оставивъ двоихъ сиротъ: пятилѣтняго Антона и трехлѣтнюю дочь.



Рис. 22. Антонъ Лаврентій Лавуазье (1743—1794).

Въ тяжкомъ горѣ будущій химикъ нашелъ ангела хранителя въ лицѣ сестры покойной матери. Тетка занялась воспитаніемъ сиротъ, и своими попеченіями и лаской стремилась хоть отчасти замѣнить имъ материнскую любовь. Мадемуазель Понсе отказывала всѣмъ домогавшимся ея руки, и осталась до конца жизни вѣрной взятымъ на себя обязанностямъ. Благодаря этому, между теткой и племянникомъ создались чрезвычайно сердечныя отношенія, основанныя на материнской заботливости и искренней дружбѣ. Переписка Лавуазье представляетъ прекрасное доказательство этой взаимной дружбы, ничѣмъ не нарушенной до смерти M-elle Понсе. При такихъ обстоятельствахъ Антонъ окончилъ курсъ наукъ въ коллегіи Мазарини и поступилъ на юридическій факультетъ парижскаго университета, съ намѣреніемъ

послѣдовать примѣру своего отца. Занимаясь усердно, онъ удостоился степени баккалавра и лиценціата правъ; но прирожденное стремленіе влекло его въ другую сторону,—въ направленіи точныхъ наукъ, главнымъ образомъ, математики, а затѣмъ химіи и ботаники. Работая въ этой области, онъ познакомился съ извѣстнымъ минералогомъ, профессоромъ Геттаромъ, и это знакомство оказало рѣшающее вліяніе на его дальнѣйшую судьбу.

Профессору Геттару было поручено министромъ изданіе минералогическаго атласа Франціи. Это изданіе требовало обширныхъ изслѣдованій въ различныхъ мѣстностяхъ Франціи, главнымъ образомъ, въ Эльзасѣ и Лотарингіи. Для изслѣдованій Геттару необходимъ былъ помощникъ, и молодой Лавуазье съ радостью согласился на предложенную ему совмѣстную научную поѣздку.

Путешествіе въ Вогезы обогатило умъ Лавуазье новыми разнообразными свѣдѣніями, дало ему много прекрасныхъ впечатлѣній. Но кромѣ того, оно было первымъ шагомъ блестящей карьеры. По предложенію Геттара, Лавуазье, имѣвшій тогда всего 25 лѣтъ отъ роду, былъ избранъ членомъ Академіи Наукъ.

Это была большая честь, которая въ матеріальномъ отношеніи давала, однако, мало. Желая занять общественное положеніе и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличить свои доходы, Лавуазье рѣшилъ купить себѣ должность сборщика податей. Послѣдняя оказала рѣшительное вліяніе на судьбу ученаго, такъ какъ, благодаря этой должности, Лавуазье вошелъ въ сношенія съ главнымъ сборщикомъ податей, господиномъ Пользе, сталъ бывать въ его домѣ и познакомился съ его прелестной дочерью. M-elle Пользе было всего 13 лѣтъ, но, несмотря на столь юный возрастъ, ея красота обратила на себя вниманіе свѣта. За нею ухаживалъ князь д'Амирваль, человѣкъ не молодой, лѣтъ пятидесяти, что однако не мѣшало ему влюбиться по уши въ прекрасную дѣвушку. Но она чувствовала отвращеніе къ князю и питала симпатію къ молодому образованному академику, и потому на объясненіе князя отвѣтила рѣшительнымъ отказомъ. Такъ какъ д'Амирваль изъ мести старался интригами и черезъ вліятельныхъ друзей вредить Пользе, то рѣшено было выдать барышню за Лавуазье, чтобы разъ на всегда покончить съ этимъ дѣломъ.

Мадамъ Лавуазье была прекрасна и молода. Благодаря женской проницательности, она поняла, что талантъ мужа сулитъ ему блестящія надежды на научномъ поприщѣ. Обладая значительной долей честолюбія, она сумѣла усиленнымъ трудомъ пріобрѣсти



Рис. 23. M-elle Пользе.

достаточную научную подготовку, чтобы понимать труды мужа и помогать ему въ выполненіи задуманныхъ опытовъ. Эта красивая и умная женщина переводила химическія сочиненія, отчасти для мужа, отчасти для общества, принимала участіе во всѣхъ почти важнѣйшихъ опытахъ, цѣлые часы просиживала въ лаборато-

ріи, вела лабораторный журналъ, наконецъ, рисовала приборы, какъ это видно на двухъ приложенныхъ рисункахъ (рис. 25. и 26.),



Рис. 24. Супруги Лавуазье.

исполненныхъ ею: они иллюстрируютъ историческіе опыты Лавуазье надъ дыханіемъ человѣка.

Гостепріимный домъ Лавуазье вскорѣ сталъ центромъ

общественной жизни для всего научнаго міра. Конечно, члены Академіи были тамъ постоянными посѣтителями. Но и знаменитѣйшіе ученые другихъ странъ считали своею обязанностью во время пребыванія въ Парижѣ побыть въ домѣ Лавуазье, чтобы не только выразить уваженіе хозяину, но и познакомиться съ очаровательной хозяйкой, которая поражала всѣхъ своими способностями и остроуміемъ. Она же въ такихъ случаяхъ направляла разговоръ на научныя темы, подъ видомъ невинной бесѣды изучая воззрѣнія и идеи самыхъ выдающихся ученыхъ столѣтія, и заимствуя у нихъ матеріалъ, который потомъ служилъ для опытовъ ея мужа въ лабораторіи.

И дѣйствительно, время для этого было самое подходящее. Опытныя изслѣдованія предшественниковъ и современниковъ Лавуазье накопили матеріалъ, необходимый для назрѣвшаго переворота. Этотъ матеріалъ ожидалъ лишь генія, который сумѣлъ бы его использовать. Такой геній явился въ лицѣ Лавуазье. На его долю выпала счастливая, столь рѣдкая въ исторіи науки роль зодчаго, который построилъ новое зданіе, геніально использовавъ труды другихъ ученыхъ.

Со времени опытовъ Рея и Майова надъ горѣніемъ металловъ было извѣстно, что продукты горѣнія (извести) вѣсятъ больше чѣмъ сгорѣвшій металлъ. Пристлей доказалъ, что при горѣніи исчезаетъ часть воздуха; онъ обнаружилъ, что эта часть воздуха представляетъ особый газъ, флогистизированный воздухъ, и показалъ, какъ можно получить этотъ газъ въ чистомъ видѣ. Немного раньше Блэкъ познакомилъ научный міръ со свойствами углекислоты, газообразнаго вещества, образующагося при горѣніи угля или растительныхъ и животныхъ веществъ.

Но до Лавуазье никто не имѣлъ достаточной смѣлости ума, чтобы изъ этихъ отдѣльныхъ открытій вывести надлежащія заключенія; Лавуазье первый мужественно вступилъ въ борьбу съ господствовавшей флогистонной теоріей.

«Горѣніе представляетъ собою не разложеніе горючихъ тѣлъ на элементы, но, наоборотъ, соединеніе тѣлъ, а именно, соединеніе горючаго тѣла съ кислородомъ воздуха. Продукты горѣнія,—металлическія извести, сѣрнистая, угольная, фосфорная и другія кислоты,—представляютъ собою не элементы, а химическія соединенія металловъ, сѣры, угля, фосфора и прочихъ

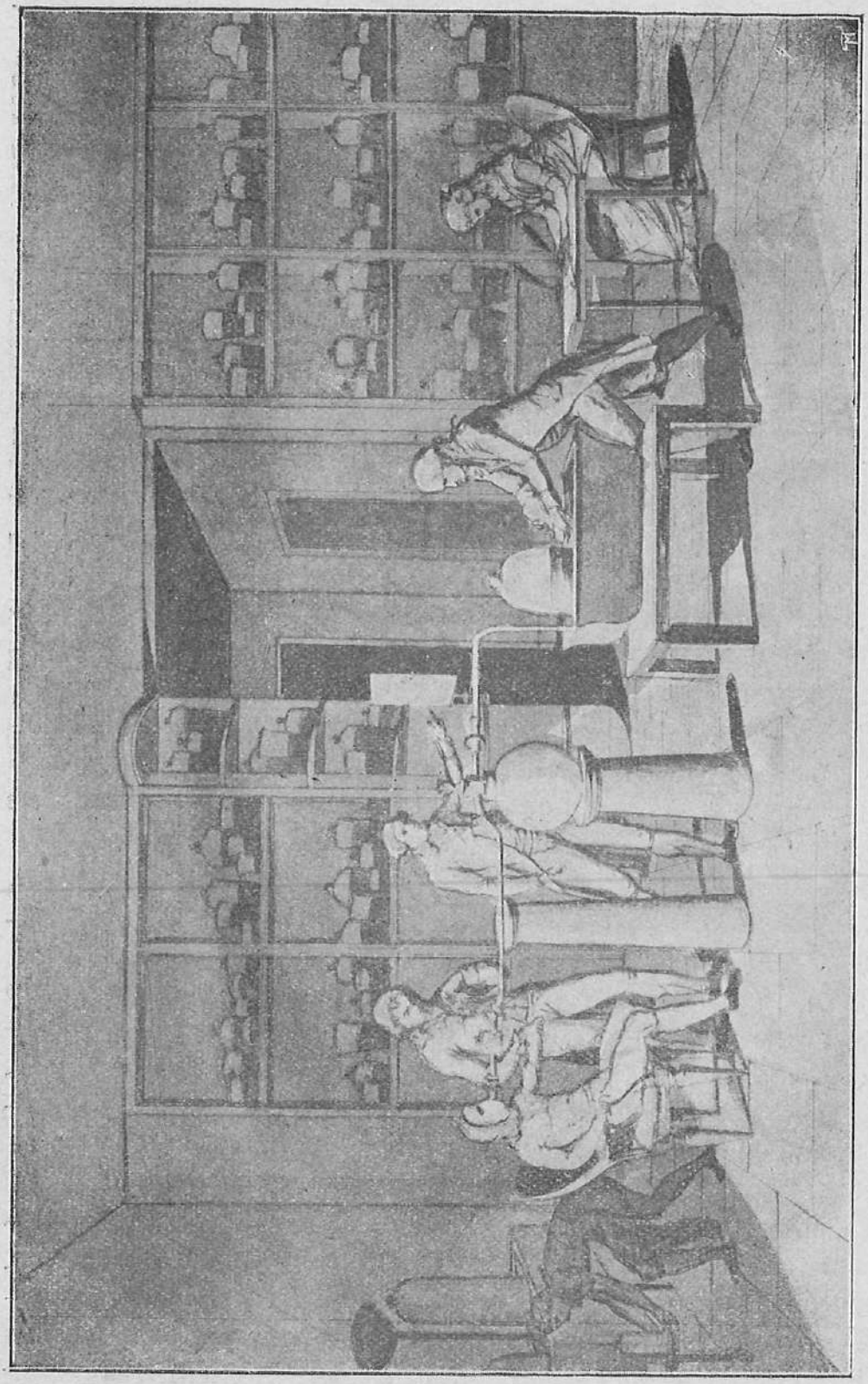


Рис. 25. Опыты надъ дыханіемъ человѣка I.

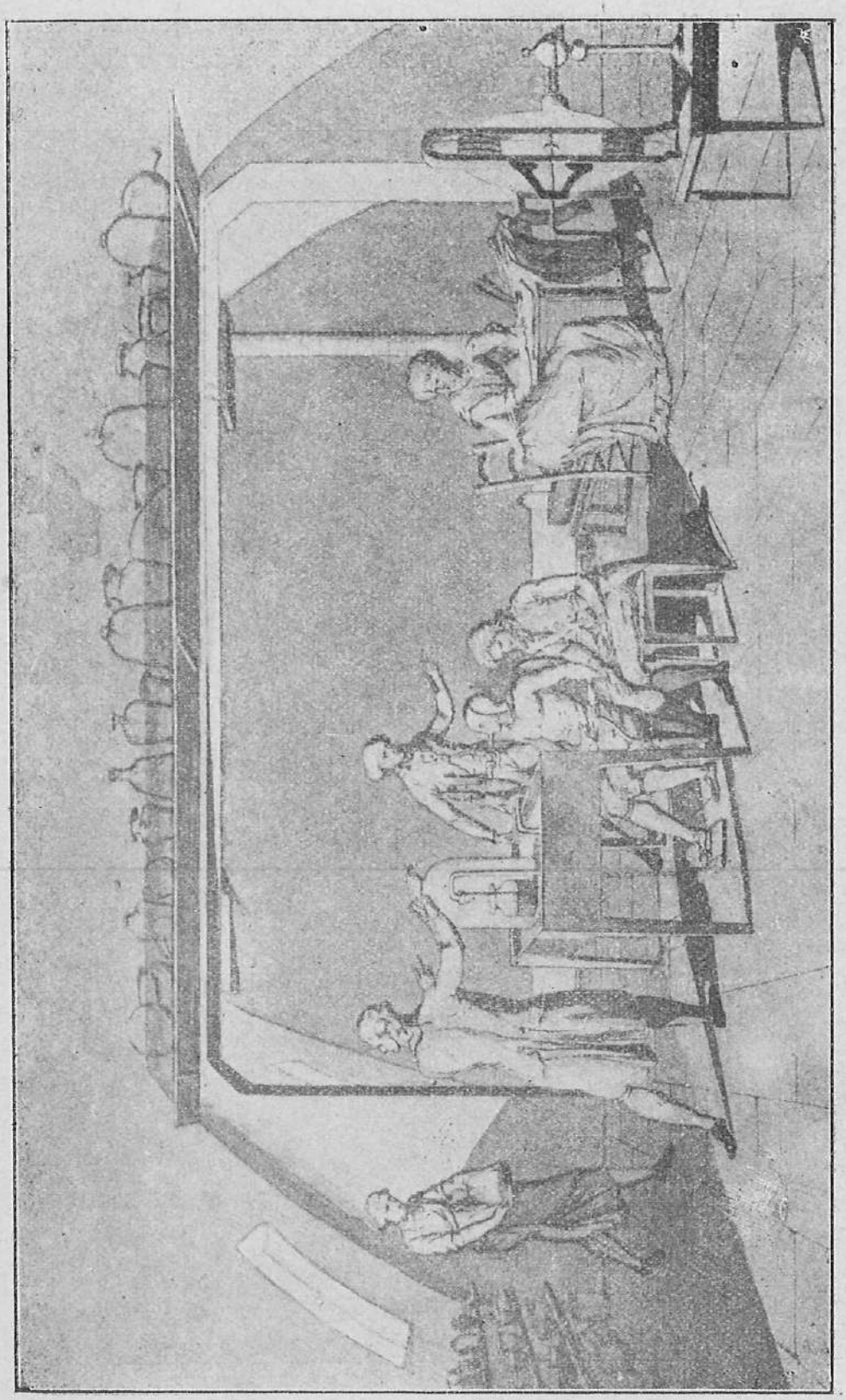


Рис. 26. Опыты надъ дыханіемъ человѣка II.

горючихъ тѣлъ съ кислородомъ. Во всѣхъ же явленіяхъ горѣнія, т. е. соединенія съ кислородомъ, вѣсъ вещества,



Рис. 27. Бертолле посѣщаетъ Лавуазье въ его лабораторіи.

образующагося при горѣніи, точно равняется вѣсу сгорѣвшаго тѣла плюсъ вѣсъ израсходованнаго кислорода:

продуктъ горѣнія = горючее тѣло + кислородъ».

Здѣсь мы видимъ коренное измѣненіе прежней теоріи горѣнія, основанной Шталемъ. Въ исторіи науки извѣстенъ еще одинъ подобный переворотъ, а именно, замѣна геоцентрической системы Птолемея, по которой солнце и планеты вращаются вокругъ земли, геліоцентрической системой Коперника, по которой земля и планеты вращаются вокругъ солнца.

Болѣе того, въ новой теоріи горѣнія Лавуазье мы находимъ впервые выраженіе важнѣйшаго и самаго точнаго космическаго принципа, принципа постоянства массы, формулированнаго затѣмъ въ прекрасномъ положеніи: «la nature ne fait rien de rien, et la matière ne se perd point», т. е. въ природѣ ничто не дѣлается изъ ничего, и матерія не исчезаетъ.

Лавуазье не принадлежалъ къ числу людей, которые страшатся выводовъ изъ своей собственной теоріи. Напротивъ, выводы служили для него толчкомъ къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ. Вскорѣ онъ опубликовалъ свои изслѣдованія, доказывающія, что дыханіе человѣка и животныхъ представляетъ химическое явленіе,—медленное горѣніе. Лавуазье издалъ, кромѣ того, учебникъ химіи, основанный на ученіи о кислородѣ, и ввелъ новыя названія тѣлъ, соотвѣтствующія ихъ дѣйствительному составу, причемъ онъ пользовался совѣтами своего выдающагося современника Бертолле.

Посреди этихъ плодотворныхъ работъ геніальный изслѣдователь былъ пораженъ жестокой рукой террора, который поглощалъ тогда во Франціи все новыя жертвы, будто бы для спасенія государства, въ дѣйствительности же для прикрытія собственной неспособности къ правленію. По своимъ политическимъ воззрѣніямъ Лавуазье принадлежалъ къ группѣ людей, которую въ настоящее время можно было бы назвать умѣренно-либеральной. Онъ былъ авторомъ доклада, выработаннаго дворянами департамента Блуа, которые добровольно отказались отъ своихъ привиллегій и высказались за поднятіе образованія народныхъ массъ и за улучшеніе ихъ матеріальнаго положенія. Лавуазье былъ членомъ Конституціоннаго Собранія и принадлежалъ къ правительствен

ной коммиссіи, созванной для установленія единицъ мѣръ и вѣсовъ, и къ многимъ другимъ коммиссіямъ, заботившимся о благѣ родины и науки.

Но всѣ эти заслуги не имѣли значенія въ глазахъ террористическаго правительства Робеспьера. Вслѣдствіе неосновательнаго обвиненія, будто бы Лавуазье въ качествѣ сборщика податей позволилъ себѣ нѣкоторыя злоупотребленія, онъ былъ арестованъ вмѣстѣ съ другими бывшими сборщиками пода-

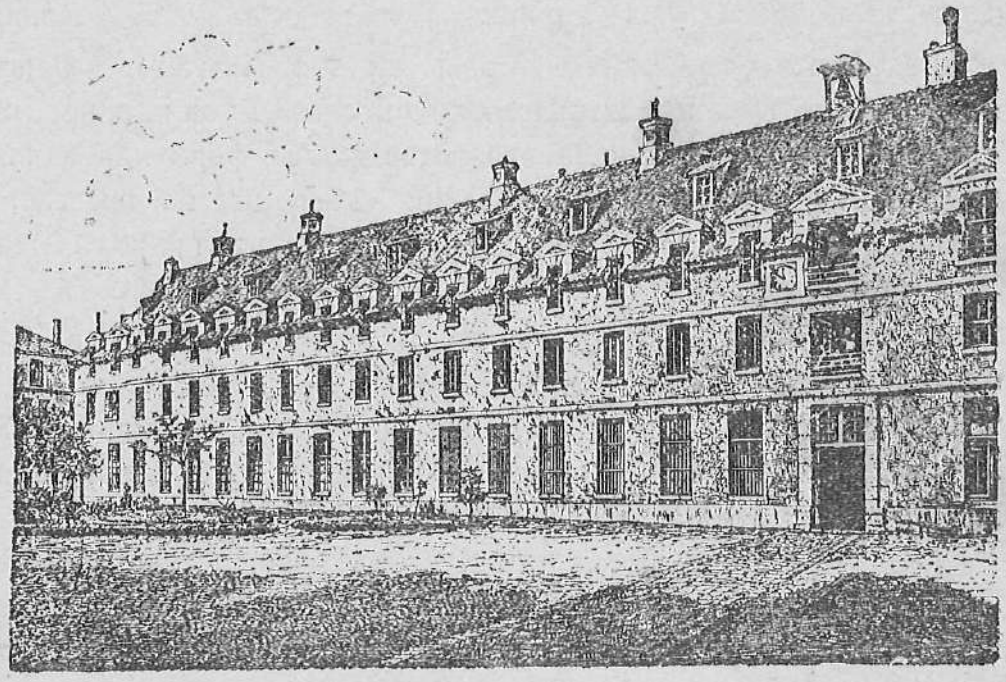


Рис. 28. Тюрьма «de Port Libre» въ Парижѣ.

тей, а такъ какъ во время Робеспьера обвиненіе было равносильно казни, то тѣ, кто тогда назывались судьями, не задумавшись, присудили Лавуазье къ казни. «La patrie n'a pas besoin des savants», отечество не нуждается въ ученыхъ,— таковъ былъ единственный отвѣтъ, данный предсѣдателемъ суда защитѣ, ссылавшейся на научное значеніе Лавуазье. Гордая голова великаго химика пала подъ ножемъ гильотины 22-го флореала второго года французской республики. «Достаточно было одного мгновенія, чтобы уничтожить жизнь генія, появленія котораго человѣчество ожидало цѣлыя столѣтія».

ИСТОЧНИКИ.

Scheele C. W. Chemische Abhandlung von der Luft und vom Feuer (1777). Ostwalds Klassiker № 58. Leipzig, 1894.

Lavoisier. Traité élémentaire de Chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. Paris, 1789.

Grimaux E. Lavoisier. Paris, 1888.

Berthelot M. La révolution chimique—Lavoisier. Paris, 1890.

Kahlbaum und Hoffmann. Einführung der Lehre Lavoisiers in Deutschland.—Lavoisiers Anteil an der Bestimmung der Zusammensetzung des Wassers. Leipzig, 1897.

Меншуткинъ Б. Н., М. В. Ломоносовъ, какъ физико-химикъ, С.-Петербургъ, 1904. (Извѣстія С.-Петербургскаго Политехническаго Института).

Ramsay W. Essays biographical and chemical. London, 1908.

Ramsay W. Vergangenes und Künftiges aus der Chemie. Нѣм. перев. В. Оствальда. Leipzig, 1909.

ЛЕКЦІЯ IV.

Сэръ Гёмфри Дэви и его служитель.

Содержаніе: Взглядъ на пройденное. — Элементы и соединенія. — Постоянство массы. — Этотъ принципъ не является апріорнымъ. — Критика. — Вліяніе физики на развитіе химіи. — Химическая систематика. — Окислы: основанія и кислоты. — Значеніе воды. — Соли, какъ соединенія основаній съ кислотами. — Дальнѣйшее развитіе систематики. — Открытіе Вольты. — Г. Дэви. Его жизнь. — Заслуги. — Михаилъ Фарадэй. — Поступленіе въ лабораторію Дэви. — Путешествіе по Европѣ. — Royal Institution. — Труды Фарадэя и ихъ результаты. — Дальнѣйшее развитіе электрохиміи.

Мм. Гг.

Флогистонъ палъ. На его развалинахъ воздвигалось новое зданіе химіи, начатое Лавуазье и достраивавшееся вширь и вглубь его преемниками,— зданіе столь обширное, что оно могло вмѣстить всѣ факты, открытые послѣдующими поколѣніями до настоящаго времени. Ученіе Лавуазье было принято не сразу. Выдающіеся изслѣдователи тѣхъ временъ, даже такіе, которые своими изслѣдованіями болѣе всего способствовали появленію новой науки, какъ Блэкъ, Пристлей, Шееле и др., не могли отказаться отъ флогистона. Даже друзья Лавуазье, какъ Бертолле, Фуркруа и Гютонъ де Морво первоначально боялись новой «пневматической теоріи горѣнія».

Лавуазье не жалѣлъ трудовъ, чтобы освоить со своей теоріей консервативные умы ученаго міра: онъ опубликовалъ рядъ новыхъ изслѣдованій въ этой области и издалъ учебникъ химіи на основѣ новой теоріи. Послѣ смерти Лавуазье начатое имъ дѣло продолжала его вдова.

Мадамъ Лавуазье, хотя и тяжело потрясенная ужасной судьбой, постигшей ея мужа, задалась цѣлью показать міру научное

значеніе покойнаго. Сперва она обратилась къ нѣкоторымъ выдающимся ученымъ съ просьбой издать посмертныя сочиненія Лавуазье; когда же тѣ отказались, опасаясь мести со стороны стоящихъ у власти враговъ Лавуазье, она сама опубликовала его дневникъ, снабдивъ его отъ себя вступленіемъ. Спустя нѣсколько лѣтъ, она вторично вышла замужъ за знаменитаго англійскаго физика графа Румфорда, того самаго, который впервые обнаружилъ на опытѣ превращеніе работы въ теплоту. Однако, она не нашла уже утраченнаго счастья. Послѣ четырехлѣтней совмѣстной жизни супруги разошлись. Мадамъ Лавуазье всецѣло отдалась общественной жизни. Ея салонъ въ продолженіе 27 лѣтъ былъ излюбленнымъ мѣстомъ собраній тогдашняго научнаго міра, пока смерть не похитила ее на 68 году жизни.

Въ чемъ же состояло научное значеніе теоріи Лавуазье? Ее можно свести къ двумъ главнымъ принципамъ.

1) Вѣсъ соединенія всегда больше вѣса любой составной части этого соединенія. Слѣдовательно, вѣсъ металлической извести, представляющей, согласно пневматической теоріи, соединеніе металла съ кислородомъ, долженъ быть больше вѣса сгорѣвшаго металла и израсходованнаго кислорода, взятыхъ порознь; вѣсъ углекислоты, представляющей продуктъ горѣнія угля, долженъ быть больше вѣса угля и т. д.; вообще же продуктъ горѣнія всегда долженъ вѣсить больше, чѣмъ сгорѣвшее тѣло.

2) Полный вѣсъ всѣхъ тѣлъ, участвующихъ въ какомъ-либо химическомъ явленіи, не измѣняется по окончаніи явленія. Этотъ принципъ получилъ, какъ извѣстно, названіе «принципа постоянства матеріи». Точнѣе слѣдовало бы его назвать «принципомъ постоянства массы».

Оба принципа въ настоящее время для насъ понятны сами по себѣ. Ими настолько проникнутъ весь нашъ способъ мышленія, что мы не въ состояніи вообразить себѣ міръ, въ которомъ бы эти принципы не соблюдались. Мы не въ состояніи понять, какъ могла человѣческая мысль обойтись безъ нихъ въ продолженіе столькихъ вѣковъ. Какъ можно было допустить хотя бы на мгновеніе, что часть тяжелѣе цѣлаго? Какъ можно было

даже представить себѣ уничтоженіе или появленіе изъ ничего такой постоянной вещи, какъ матерія? Этимъ именно объясняется, почему намъ трудно теперь надлежащимъ образомъ оцѣнить значеніе теоріи Лавуазье, почему намъ трудно понять, что она могла встрѣтить сильное сопротивленіе со стороны ученыхъ. Поэтому слѣдуетъ уяснить себѣ, что въ естественныхъ наукахъ, — и, вѣроятно, даже вообще въ точныхъ наукахъ, — нѣтъ мѣста для апріорныхъ принциповъ, т. е. такихъ, которые являются слѣдствіемъ исключительно размышленія, а не опытовъ, хотя бы очень простыхъ.

Если мы усумнимся въ правильности этой аксіомы, то напомнимъ, что такъ называемый принципъ постоянства матеріи — принципъ, считающійся въ настоящее время общимъ мѣстомъ, — появился лишь благодаря фактамъ, открытымъ Лавуазье и его предшественниками; припомнимъ, что этотъ принципъ вѣренъ лишь до тѣхъ поръ, пока мы измѣряемъ количество вещества посредствомъ массы или вѣса тѣла, который пропорціоналенъ массѣ. Если же мы попробуемъ измѣрять количество вещества не вѣсомъ, а объемомъ, то вскорѣ убѣдимся, что начало постоянства вещества, равно какъ и первый принципъ, согласно которому цѣлое больше части, не оправдывается опытомъ.

Законы природы не суть навязанныя природѣ абсолютныя предписанія, но, напротивъ, коренятся въ самихъ явленіяхъ, представляя собой общее выраженіе опытовъ и наблюденій.

Такой именно характеръ имѣетъ и законъ постоянства вѣса или массы. Открытіемъ этого закона химія обязана физикѣ, которая въ ту эпоху достигла высокой степени развитія. Въ особенности способствовала этому механика, въ которой введенное Ньютономъ понятіе массы оказалось чрезвычайно плодотворнымъ. Несомнѣнно, что механика повліяла непосредственно на измѣненіе воззрѣній химиковъ. Разъ уже законъ постоянства массы былъ объявленъ и принятъ, онъ долженъ былъ стать орудіемъ дальнѣйшихъ изслѣдованій, источникомъ новыхъ обобщеній, новыхъ законовъ, новыхъ теорій. Его вліяніе выразилось прежде всего въ реформѣ химической классификаціи. Генетическій принципъ системы химическихъ тѣлъ, введенный еще въ періодъ флогистона, изслѣдователи примѣняли до тѣхъ поръ инстинктивно, а, слѣдовательно, произвольно, такъ какъ

недоставало еще точныхъ основаній для различенія составныхъ частей и соединеній. Ученіе Лавуазье вполнѣ ясно опредѣлило эти отличія.

Впервые возникло точное понятіе элемента, какъ тѣла, вѣсъ котораго не подвергается уменьшенію при какомъ бы то ни было химическомъ превращеніи.

Среди извѣстныхъ тогда элементовъ особенное мѣсто занимаетъ кислородъ, составная часть воздуха, поддерживающая горѣніе. Кислородъ обладаетъ способностью соединяться со всѣми элементами.

Всѣ же остальные элементы подраздѣляются на 2 класса:

1) металлы и

2) неметаллы.

Число металловъ увеличилось. Къ благороднымъ металламъ, изъ которыхъ до тѣхъ поръ были извѣстны лишь три: золото, серебро и ртуть, присоединяется платина. Названіе ея происходитъ отъ испанскаго слова «плата», означающаго серебро. Впервые она была найдена въ Америкѣ, въ золотомъ пескѣ рѣки Пинто, и въ 1741 г. привезена въ Европу. Значеніе этого металла, стоящаго по своей примѣнимости выше остальныхъ металловъ, не исключая даже золота, обнаружилось лишь значительно позже. Платина отличается способностью сопротивляться высокимъ температурамъ и химическимъ реагентамъ, и этому именно свойству платина обязана своимъ широкимъ примѣненіемъ для выдѣлки сосудовъ, употребляемыхъ въ лабораторіи и химической промышленности. Вотъ, напримѣръ, платиновый тигель и чашечка, — приборы, необходимые въ каждой лабораторіи.

Увеличилось также число неблагородныхъ металловъ. Было открыто 5 новыхъ металловъ, сходныхъ съ извѣстнымъ издавна желѣзомъ:

хромъ, молибденъ, марганецъ, кобальтъ, никкель.

Въ настоящее время хромъ и марганецъ, образчики которыхъ вы видите передъ собою, прибавляются къ стали для увеличенія ея твердости. Извѣстные панцыри Круппа, о которыхъ мы читали въ газетахъ во время японской войны, выдѣлываются изъ хромовой стали. Никкель извѣстенъ всѣмъ изъ обыденной жизни, такъ что я считаю излишнимъ его показывать.

Далѣе мы находимъ въ таблицѣ старыхъ знакомыхъ:

Цинкъ, олово, мѣдь и свинецъ, а также мышьякъ, сурьму и висмутъ. Таковъ списокъ металловъ, которые были извѣстны въ началѣ XIX столѣтія.

Менѣе многочисленнымъ былъ классъ неметалловъ, называемыхъ также металлоидами. Къ нему принадлежитъ прежде всего газъ водородъ, самый легкій изъ всѣхъ элементовъ; онъ представляетъ собою составную часть воды. Водородъ находится какъ бы на границѣ между металлами и неметаллами.

Къ этому классу принадлежитъ газообразное тѣло азотъ, главная часть воздуха.

Къ тому же классу былъ причисленъ уголь, элементъ, встрѣчающійся въ природѣ въ трехъ видахъ: въ видѣ обыкновеннаго каменнаго угля, въ видѣ графита, и, наконецъ, въ видѣ драгоцѣннаго алмаза.

Къ категоріи элементовъ были причислены еще два горючихъ тѣла, считавшіяся раньше флогистонными соединеніями: сѣра и фосфоръ. Въ концѣ же XVIII вѣка сюда былъ присоединенъ и теллуръ, неразрывный спутникъ сѣры въ природѣ.

Таблица, изображающая химическую систему начала XIX столѣтія.

А. Элементы.

I классъ: металлы { благородные и неблагородные.

II классъ: неметаллы.

III классъ: кислородъ.

Б. Соединенія.

I классъ: окислы { 1) окислы металловъ (основанія), 2) окислы неметалловъ (кислоты) и 3) вода

II классъ: соли (соединенія окисловъ металловъ съ окислами неметалловъ).

Въ 1819 г. Берцеліусъ опубликовалъ электрохимическую теорію химическихъ соединеній, которая затѣмъ въ продолженіе пятидесяти лѣтъ господствовала въ химіи. Берцеліусъ приписалъ элементамъ электрическіе заряды, положительные и отрицательные. Такъ, въ кислородѣ преобладаетъ отрицательный

зарядъ, въ металлахъ же—положительный. Химическое сродство зависитъ лишь отъ величины этихъ электрическихъ зарядовъ. Химическое соединеніе состоитъ, слѣдовательно, въ электрической нейтрализаціи разноименныхъ зарядовъ,—въ электрическомъ разрядѣ, результатомъ котораго является теплота и свѣтъ. На основаніи этой теоріи была создана система химическихъ тѣлъ, при помощи которой удалось охватить всѣ факты неорганической химіи. Только впослѣдствіи въ органической химіи гипотеза Берцеліуса натолкнулась впервые на несоотвѣтствія съ фактами, что и вызвало затѣмъ паденіе этой теоріи, называвшейся тогда «дуалистической», и замѣну ея другою, такъ называемой «унитарной». Всѣ другія химическія тѣла, природныя и искусственныя, являются соединеніями упомянутыхъ элементовъ; они представляютъ собой соединенія двухъ, трехъ или большаго числа этихъ элементовъ. Разнообразіе соединеній, различіе ихъ физическихъ и химическихъ свойствъ обусловливаются количествомъ и качествомъ элементовъ, входящихъ въ составъ того или другого соединенія.

Важнѣйшія изъ этихъ соединеній, собственно единственныя, которыя были въ то время болѣе подробно изучены,—это кислородныя. Они получили названіе окисловъ. Сюда относятся прежде всего окислы металловъ, продукты ихъ горѣнія въ воздухѣ или въ кислородѣ. Это были тѣ самыя тѣла, которыя по воззрѣніямъ флогистиковъ представляли собой элементы, составныя части металловъ, и назывались известями. Къ нимъ были также причислены щелочи: ѣдкое кали и ѣдкій натръ, а также амміакъ, окиселъ гипотетическаго металла аммонія. Къ окисламъ металловъ причислялись и земли. Шесть такихъ земель было подробно изслѣдовано. Это были: неоднократно упоминавшаяся нами известковая земля и сходныя съ ней баріевая и стронціевая земли, затѣмъ квасцовая земля (основная часть глины), горькая земля, называемая теперь окисью магнія, наконецъ, «черная магнезія» (перекись марганца), извѣстная чуть ли не со временъ Гебера.

Хотя этихъ земель въ то время не удалось еще разложить на элементы, но такъ какъ сходство земель съ окислами очень велико и кислоты дѣйствуютъ на нихъ одинаково, то эти земли были признаны кислородными соединеніями воображаемыхъ

металловъ, которые получили слѣдующія названія: калій, натрій, кальцій, стронцій, барій, алюминій и магній. Эти металлы существовали пока лишь на бумагѣ, т. е. въ воображеніи химиковъ, вѣрившихъ въ ихъ дѣйствительное существованіе.

Всѣ упомянутые окислы металловъ,—какъ существовавшихъ въ дѣйствительности, такъ и тѣхъ, существованіе которыхъ предполагалось по аналогіи,—обладаютъ сходными химическими свойствами, составляютъ одинъ общій классъ «основаній». Между тѣмъ соединенія кислорода съ неметаллами отличаются прямо противоположными свойствами. Они составили классъ «кислотъ».

Такъ, окислы сѣры образуютъ кислоты сѣрную и сѣрнистую. Отъ соединенія фосфора съ кислородомъ получается фосфорная кислота. Подобнымъ образомъ кремніевая и борная кислоты должны были соотвѣтствовать окисламъ воображаемыхъ элементовъ, кремнія и бора, которые въ свободномъ состояніи тогда еще не были извѣстны.

Къ той же группѣ окисловъ былъ причисленъ хлоръ, газообразное тѣло, полученное Шееле въ предыдущемъ столѣтіи. Это тѣло также образуетъ кислоту, называемую соляной, а съ металлами даетъ соли, примѣромъ которыхъ можетъ служить всѣмъ извѣстная повареная соль, или хлористый натрій.

Хотя хлора не удалось разложить на болѣе простыя тѣла, однако, химики того времени считали его по аналогіи съ другими кислотами окисломъ особаго предполагаемаго элемента, который назывался по-латыни «murium». Этотъ элементъ, какъ несуществующій, былъ впослѣдствіи исключенъ изъ химической системы. Но онъ еще сохранился по настоящее время въ аптекарской терминологіи, въ которой соляная кислота называется по-латыни «acidum muriaticum».

На границѣ между этими двумя группами находится двуличное тѣло. Это вода. Какъ окись водорода она не представляетъ собою строгаго основанія, но и не является строгой кислотой, а есть нѣчто среднее между основаніемъ и кислотой.

Химики не знали, куда ее причислить. Подобныя же сомнѣнія вызывалъ и водородъ: химики не знали, считать ли его металломъ или металлоидомъ.

Всѣ эти соединенія—двойныя; это—соединенія двухъ элементовъ между собою: металла съ кислородомъ, или метал-

лоида съ кислородомъ. Отъ соединенія основаній съ кислотами получаются тройныя соединенія: металла съ металлоидомъ и кислородомъ. Эти соединенія называются солями. Мы уже познакомились съ ними на предыдущихъ лекціяхъ.

Я уже тогда упомянулъ, что двѣ большія группы двойныхъ соединеній, кислоты и основанія, обладаютъ совершенно противоположными свойствами.

Съ одной изъ этихъ противоположностей мы познакомились на предыдущей лекціи. Она выражается въ различномъ дѣйствіи лакмуса,—извѣстнаго растительнаго окрашивающаго вещества,—на кислоты и основанія. Кислоты окрашиваютъ лакмусъ въ красный цвѣтъ, основанія же—въ синій. Въ сегодняшней бесѣдѣ мы познакомимся съ еще болѣе поразительнымъ контрастомъ между обѣими группами, который проявляется въ дѣйствіи электрическаго тока.

«Крайности сходятся» говоритъ пословица. Подобно тому какъ нѣкоторые знатоки человѣческаго сердца утверждаютъ, что для зарожденія любви между двумя сердцами требуется извѣстная противоположность характеровъ, такъ тогдашніе знатоки химіи предполагали, что для возникновенія взаимной любви двухъ элементовъ, которая дала бы ихъ химическое соединеніе, необходима нѣкоторая противоположность въ характерѣ обоихъ элементовъ. Это были слѣды прежняго антропоморфическаго взгляда на природу, столь ярко выразившагося у Ванъ Гельмонта. Дѣйствительно, взаимная любовь кислотъ и основаній должна быть немалой, такъ какъ при ихъ приближеніи образуется теплота, о которой мы можемъ составить себѣ понятіе по слѣдующему опыту.

Здѣсь у меня два раствора: растворъ кислоты, а именно сѣрной, и растворъ основанія,—натріевой щелочи. Въ одинъ изъ этихъ сосудовъ я погружаю колбочку съ эѳиромъ, Извѣстно, что это тѣло закипаетъ при температурѣ, которая немного выше комнатной: оно кипитъ уже при температурѣ человѣческаго тѣла. Оба раствора взяты на холоду, такъ что эѳиръ не закипаетъ, если погрузимъ колбочку въ тотъ или другой растворъ. Если же смѣшать кислоту съ основаніемъ, то они вслѣдствіе соединенія нагрѣваются столь сильно, что эѳиръ начинаетъ бурно кипѣть, и пары его, какъ видите, мы можемъ легко зажечь.

Продуктомъ этого соединенія является соль. Въ данномъ случаѣ это сѣрнокислый натрій, который мы уже знаемъ подъ именемъ Глауберовой соли. Оба же дѣйствующія тѣла, сѣрная кислота и основаніе, вслѣдствіе соединенія лишились своихъ отличительныхъ свойствъ. Полученный нами растворъ — ни кислый, ни основной; онъ, какъ говорятъ химики,—«нейтральный».

Такимъ образомъ, соединяя различныя кислоты съ разными основаніями, можно получить множество солей, подробное перечисленіе которыхъ выходитъ изъ рамокъ нашего историческаго разсказа, ибо мы поставили себѣ задачей дать лишь общій очеркъ развитія химической классификаціи.

Сопоставляя все вышесказанное, можно утверждать, что заслуга антифлогистоннаго ученія состояла въ томъ, что ему удалось не только собрать всѣ извѣстные факты въ стройное и простое цѣлое, но и предсказать дотолѣ совершенно неизвѣстные факты. Оно предсказало существованіе новыхъ, неизвѣстныхъ элементовъ: щелочныхъ металловъ и щелочныхъ земель. Этому предсказанію суждено было вскорѣ сбыться.

Предположеніе о существованіи этихъ элементовъ не могло бы подтвердиться, если бы на помощь химіи не пришла ея сестра физика, съ которою она уже издавна жила подъ одной кровлей.

Что вліяніе физики на развитіе химіи проявилось еще въ предыдущій періодъ, намъ уже извѣстно. Я старался доказать, что химія газовъ, или пневматическая химія, не была бы въ состояніи развиться, если бы ей не предшествовали опыты съ воздухомъ, произведенные физиками.

Далѣе, самые выдающіеся пневматики флогистоннаго періода, Бойль, Блэкъ и Кэвендишъ, совмѣщали въ себѣ каждый химика и физика въ одномъ лицѣ.

Дальше я указалъ, что открытіе закона постоянства массы и введеніе вѣсовъ въ химическую лабораторію (Лавуазье) тѣсно связано съ развитіемъ механики благодаря трудамъ Ньютона и другихъ ученыхъ, сдѣлавшихъ точнымъ самое понятіе массы. Словомъ, вліяніе физики на судьбу химіи не можетъ подлежать никакому сомнѣнію.

Въ 1791 г. ученый міръ былъ удивленъ небольшой брошю-

рой одного болонскаго врача. Въ ней онъ описалъ электрическія явленія, замѣченныя имъ совершенно случайно при одномъ физіологическомъ опытѣ. Этотъ врачъ, по имени Людовикъ Гальвани, препарировалъ въ своей лабораторіи лягушку въ то время, какъ одинъ изъ его ассистентовъ производилъ опыты съ электрической машиной. Притрагиваясь скальпелемъ къ мышцамъ лягушки, Гальвани замѣтилъ, что при каждомъ такомъ прикосновеніи мышцы судорожно вздрагиваютъ. Это наблюденіе онъ счелъ достаточнымъ для утвержденія, что животныя облада-



Рис. 29. Людовикъ Гальвани (1737—1798).

ютъ особымъ родомъ электрической жидкости, которому Гальвани далъ названіе «животнаго» электричества. Несчастнымъ лягушкамъ пришлось стать объектомъ разнообразныхъ мучительныхъ экспериментовъ, цѣлью которыхъ было изучить сущность этой электрической жидкости.

Безсмертную заслугу геніальнаго итальянскаго физика Александра Вольты составляетъ утвержденіе, что замѣченныя Гальвани электрическія явленія не имѣютъ ничего общаго ни съ природой лягушки, ни вообще съ отправленіями животныхъ. Онъ доказалъ вскорѣ послѣ опубликованія опытовъ Гальвани, что электрическій токъ возникаетъ всякій разъ, когда два различныхъ

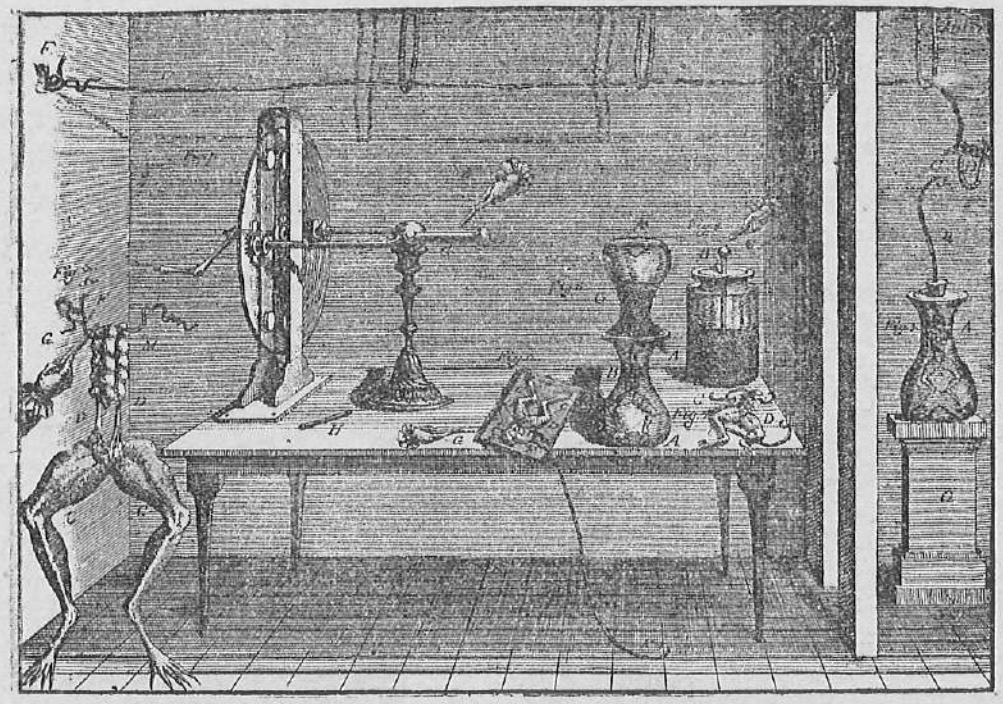


Рис. 30. Гальваническіе опыты I.

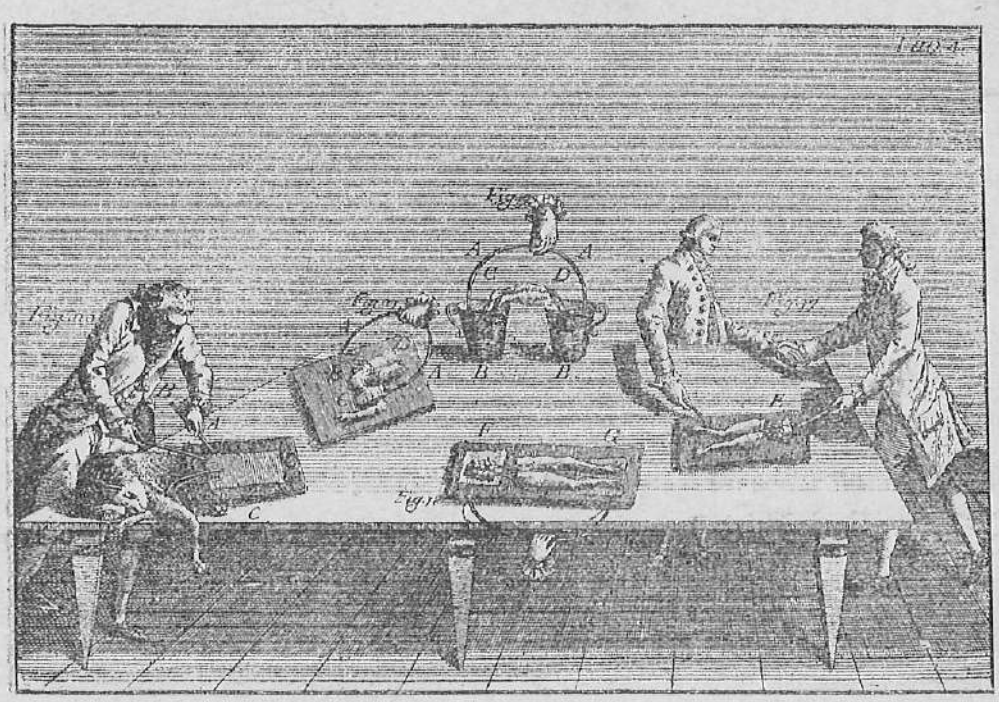


Рис. 31. Гальваническіе опыты II.

металла приходятъ въ соприкосновеніе съ какой-либо жидкостью.

Если нѣсколько такихъ паръ металловъ, напримѣръ пары, составленныя изъ мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, наложить

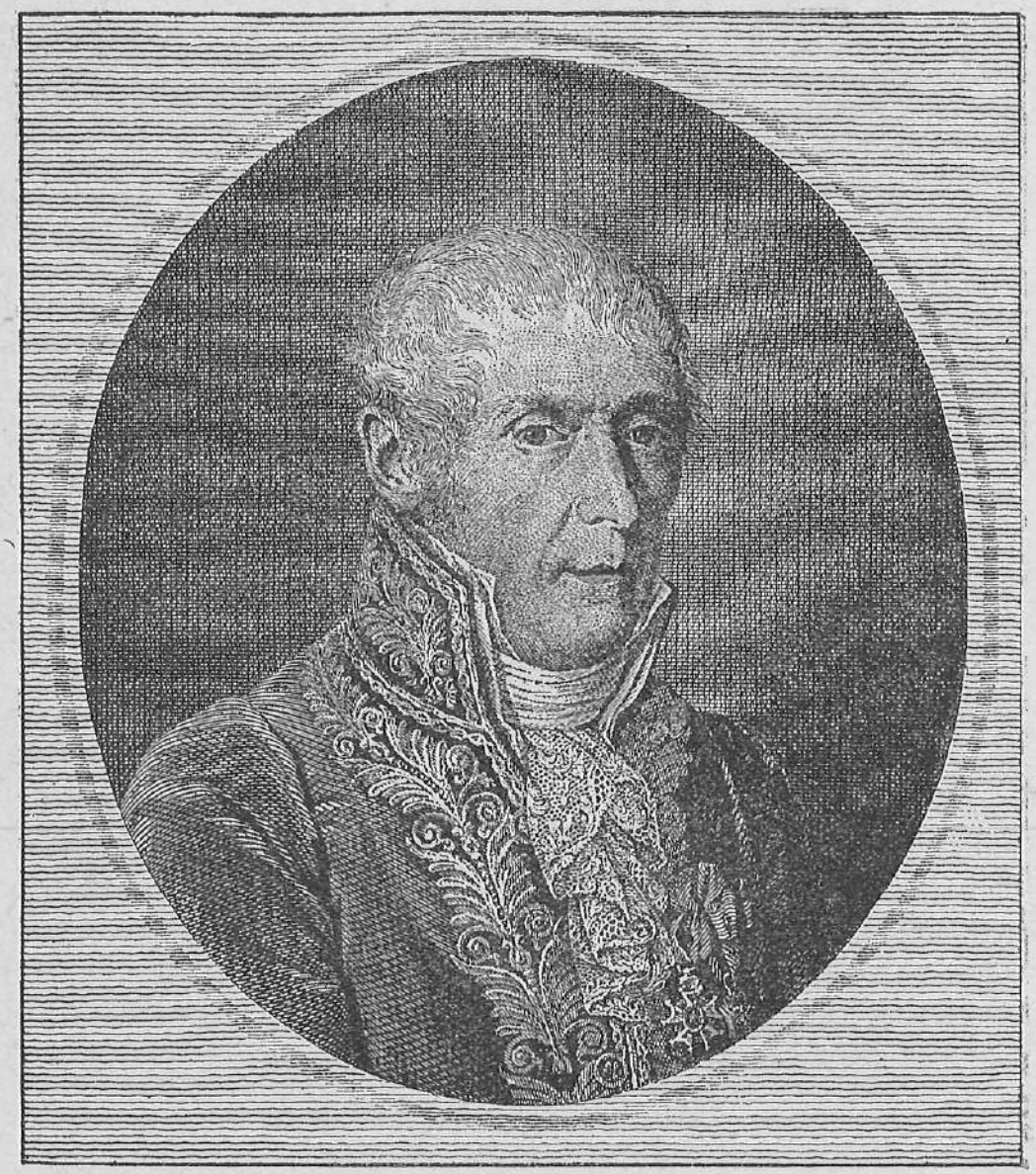


Рис. 32. Александръ Вольта (1745—1827).

одну на другую, помѣстивъ между каждыми двумя парами суконные кружки, пропитанные какой-либо жидкостью, напримѣръ, разбавленной сѣрной кислотой, то получается столь сильный электрическій столбъ, что токъ отъ него, какъ можно видѣть, вызываетъ искры при сближеніи обоихъ концовъ проволоки.

Такой приборъ называется вольтовымъ столбомъ; на рисункѣ онъ изображенъ схематически.

Изслѣдованія Вольты вызвали необычайный интересъ. Наполеонъ Бонапартъ, который тогда былъ еще консуломъ французской республики, предложилъ Вольтѣ прочесть докладъ о своихъ открытіяхъ. Вообще, Наполеонъ сильно заинтересовался гальванизмомъ: это онъ главнымъ образомъ способствовалъ

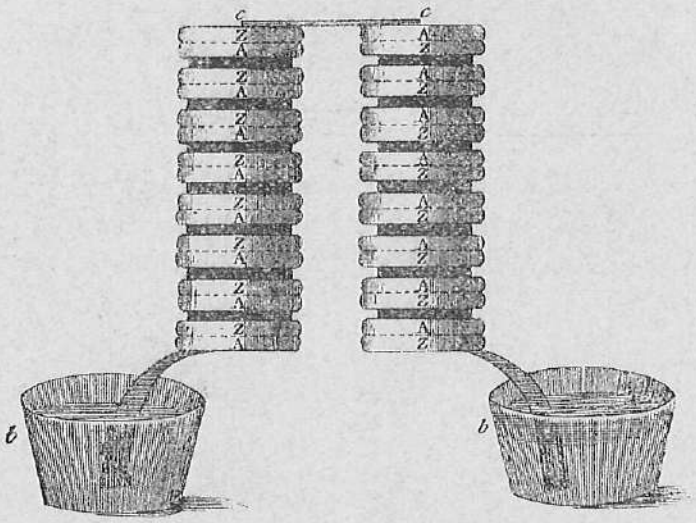


Рис. 33. Вольтовъ столбъ.

учрежденію въ Парижѣ «Гальваническаго общества, цѣлью котораго было содѣйствовать и поощрять изслѣдованіе гальваническихъ явленій. Гальванизмъ вошелъ въ моду не только въ Италіи и Франціи, но и во всей Европѣ. Кто только располагалъ нѣсколькими мѣдными и серебряными монетами, не отказывалъ себѣ въ удовольствіи построить вольтовъ столбъ. Съ этимъ столбомъ продѣлывали разные опыты, его примѣняли для различныхъ цѣлей. Гальванизму приписывались чудодѣйственныя лечебныя свойства: глухонѣмымъ онъ будто-бы возвращаетъ слухъ; онъ одаряетъ людей способностью угадывать присутствіе цѣнныхъ металловъ и даже опредѣленныхъ лицъ. Однимъ словомъ, гальванизму приписывались тѣ чудеса, о которыхъ мы теперь слышимъ отъ приверженцевъ спиритизма, медіумизма и другихъ такъ называемыхъ оккультивныхъ «наукъ».

Понятно, что были и истинные изслѣдователи, которые обладали необходимой въ наукѣ долей критицизма и своими

трудами способствовали дѣйствительному успѣху въ области гальванизма. Ни одинъ изъ нихъ не превзошелъ въ этомъ на-

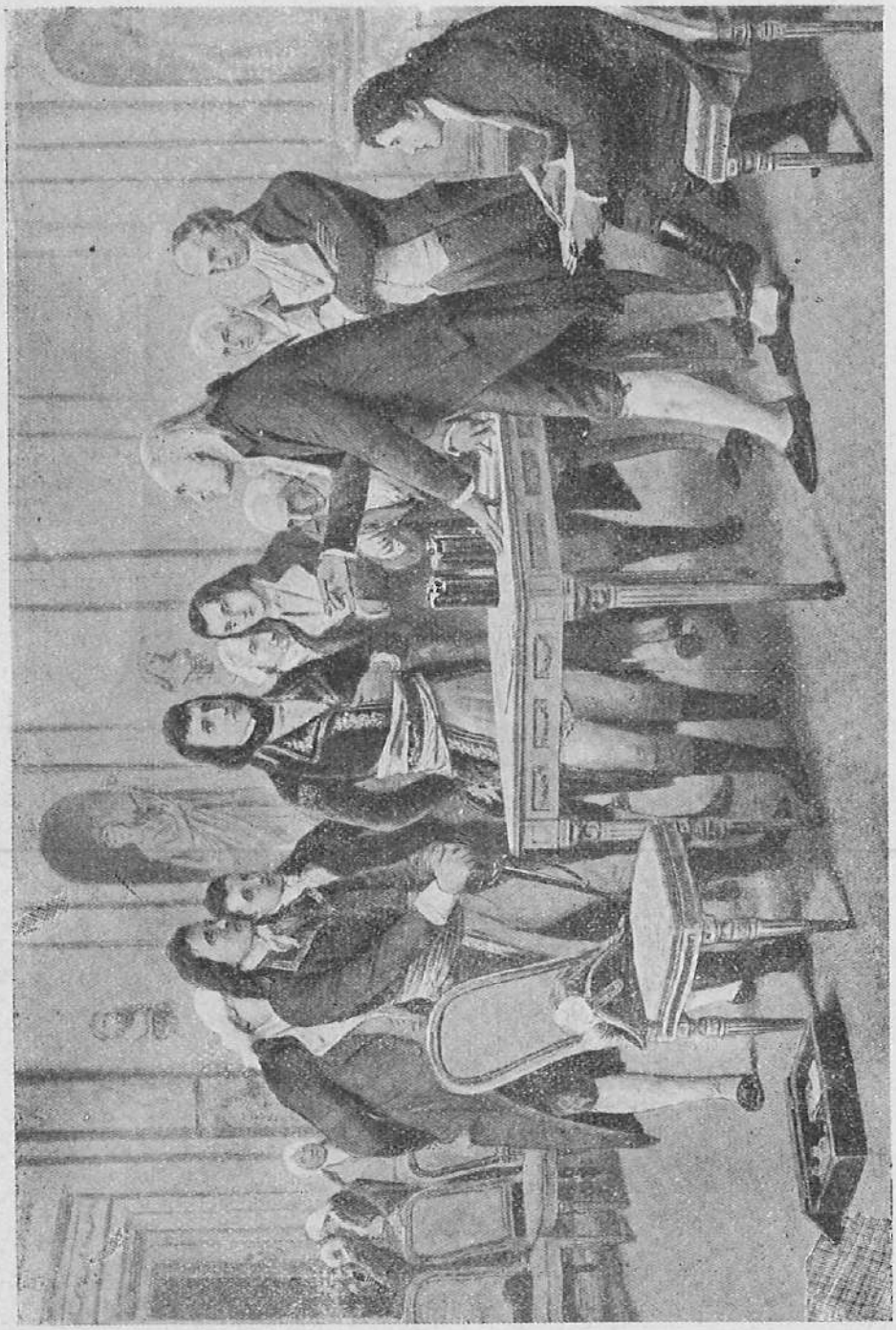


Рис. 34. Вольта докладываетъ въ присутствіи Наполеона Бонапарта о своихъ опытахъ съ гальваническимъ электричествомъ.

правленіи англійскаго химика Гёмфри Дэви, жизнь и труды котораго заслуживаютъ болѣе близкаго знакомства.

Г. Дэви родился 17-го декабря 1778 г. въ маленькомъ англійскомъ городишкѣ Пензансѣ, расположенномъ въ Корнуэльскомъ графствѣ. Жители были весьма неприхотливы: весь извозный промыселъ сводился къ одной повозкѣ, и на 2000 жителей приходился одинъ единственный коверъ. Въ большинствѣ домовъ полы были посыпаны пескомъ, а серебряной ложки нельзя было найти во всемъ городкѣ.

Такимъ образомъ, Дэви воспитывался въ весьма простой обстановкѣ. Его отецъ былъ рѣзчикомъ по дереву. Семья была

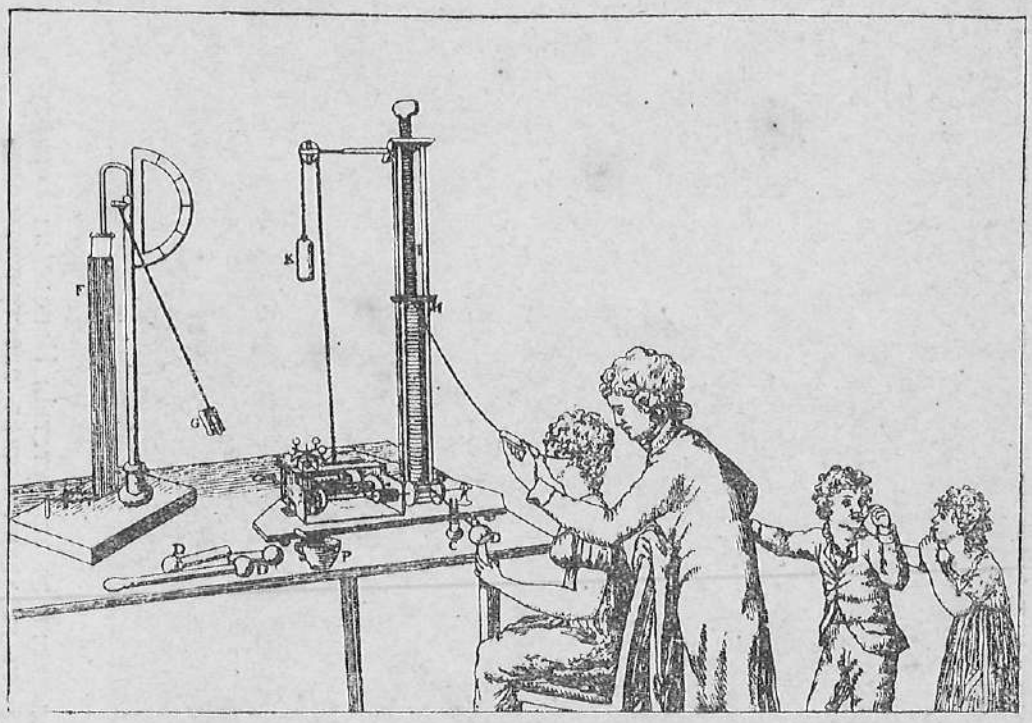


Рис. 35. «Гальваническое дѣйствіе».

бѣдна. Послѣ смерти отца молодой Гёмфри былъ отданъ въ ученіе къ хирургу. Еще въ школѣ Дэви питалъ глубокую ненависть къ греческому языку и латыни, но зато съ увлеченіемъ занимался фейерверками. Это занятіе онъ продолжалъ и у хирурга, который въ Англіи въ то время долженъ былъ также исполнять обязанности аптекаря. Благодаря этому обстоятельству Дэви познакомился съ нѣкоторыми химическими манипуляціями. Своими остроумными опытами, своимъ влеченіемъ къ изученію природы и, наконецъ, своими выдающимися умственными способностями онъ вскорѣ обратилъ на себя вниманіе. Его дарованія были удиви-

тельно всесторонни. Среди юношескихъ произведеній знаменитаго химика мы находимъ разсужденія философскаго, религіознаго и политическаго содержанія. Не отсутствуетъ также и поэзія. Его стихи свидѣтельствуютъ о неподдѣльномъ поэтическомъ талантѣ. Нѣкоторыя его поэтическія произведенія впослѣдствіи были изданы отдѣльнымъ сборникомъ. До конца жизни Дэви остался вѣренъ своему влеченію къ поэзіи. Его «Consolations in Travel» (Утѣшительныя размышленія въ путешествіи или послѣдніе дни философа) могутъ даже теперь удовлетворить художественному вкусу.



Рис. 36. Гёмфри Дэви (1778—1829).

Міросозерцаніе Дэви характеризуется нѣкоторыми афоризмами, сохранившимися въ его записной книжкѣ. Онъ пишетъ:

Пусть каждый годъ дѣлаетъ меня лучшимъ, болѣе полезнымъ, менѣе эгоистичнымъ и болѣе преданнымъ дѣлу человѣчества и дѣлу науки.

Замѣчательно мѣтки его сужденія о почестяхъ:

Почестями можно гордиться, но не слѣдуетъ изъ-за нихъ взомнить о себѣ.

Не стоитъ имѣть почетъ, но непріятно не имѣть его.

Лучше заслуживать почетъ и не имѣть его, нежели имѣть и не заслуживать.

Благодаря своимъ талантамъ Дэви пріобрѣлъ себѣ друзей, которые выхлопотали ему должность, болѣе соотвѣтствовавшую его влеченіямъ и способностямъ.

Въ это время, а именно около 1798 года, въ Бристолѣ было основано новое учрежденіе. Оно называлось пневматическимъ институтомъ и поставило себѣ цѣлью изучить лѣчебныя свойства газовъ, незадолго передъ тѣмъ открытыхъ. Дэви, которому предложена была должность инспектора этого учрежденія, охотно ее принялъ, такъ какъ она давала ему возможность заниматься

опытами. Слѣдуетъ однако признать, что слишкомъ розовыя надежды основателей пневматическаго учрежденія далеко не оправдались. Изъ всѣхъ газовъ одинъ лишь оказался истиннымъ лѣчебнымъ средствомъ,—а именно,—натуральный чистый воздухъ.

Но Дэви даже въ этой области удалось достигнуть благопріятныхъ результатовъ. Не считаясь съ опасностью для собственнаго здоровья, Дэви подвергалъ самого себя дѣйствію различныхъ газовъ и одинъ разъ чуть было не отравился при вдыханіи водяного газа; этотъ послѣдній получается при дѣйствіи раскаленнаго угля на водяные пары и содержитъ значительныя количества окиси углерода. Дэви открылъ закись азота, газъ, отличающійся свойствомъ вызывать пріятныя ощущенія при вдыханіи и благодаря этому свойству названный «веселящимъ азомъ». Какъ извѣстно, раньше этотъ газъ примѣнялся зубными врачами, но въ послѣднее время онъ почти совершенно вышелъ изъ употребленія въ виду изобрѣтенія болѣе радикальныхъ средствъ для успокаиванія боли.

Болѣе важное значеніе имѣютъ изслѣдованія электрическаго тока и его химическихъ дѣйствій. Дэви сразу понялъ, что электричество представляетъ собою великую силу, которую можно примѣнить для разложенія сложныхъ тѣлъ. Особенное вниманіе онъ удѣлилъ опытамъ разложенія тѣлъ, которыхъ до того времени не удалось еще разложить на элементы.

Первые опыты имѣли цѣлью разложеніе воды. Было, правда, извѣстно, что подъ вліяніемъ электрическаго тока изъ воды выдѣляются кислородъ и водородъ. При этомъ, однако, предполагали, что таинственная сила электричества способна создавать изъ воды новыя тѣла: щелочи и основанія. Дэви неопровержимо доказалъ ошибочность этого предположенія.

Поощренный весьма благопріятнымъ результатомъ первыхъ опытовъ, Дэви сталъ примѣнять электрическій токъ для разложенія тѣлъ, элементы которыхъ не были еще извѣстны. Это были щелочи и щелочныя земли. Эти опыты тоже увѣнчались успѣхомъ. Если, напримѣръ, находящійся въ этомъ сосудѣ растворъ ѣдкаго натра подвергнуть дѣйствію тока, то произойдетъ разложеніе. Это легко замѣтить по пузырькамъ газа, выдѣляющимся у конца платиновой проволоки, соединенной съ поло-

жительнымъ полюсомъ электрической батареи. Этотъ газъ есть кислородъ. У другого электрода, которымъ служитъ слой ртути, соединенный посредствомъ проволоки съ отрицательнымъ полюсомъ батареи, газъ не выдѣляется. Здѣсь токъ осаждаетъ металлическій натрій, составную часть ѣдкаго натра. Это металлъ съ удивительными свойствами; онъ разлагаетъ воду при обыкновенной температурѣ, и даже загорается отъ соприкосновенія съ водой; какъ вы сейчасъ видите, онъ растворяется въ ртути, какъ сахаръ въ водѣ.

Легко, однако, обнаружить его присутствіе. Я выливаю ртуть, оставшуюся послѣ электролиза, въ разбавленную соляную кислоту. Мы замѣчаемъ выдѣленіе газа. Это водородъ, вытѣсняемый изъ кислоты растворенным въ ртути натріемъ.

Такимъ образомъ, съ помощью тока можно разложить ѣдкій натръ на кислородъ и натрій. Подобнымъ путемъ Дэви получилъ также другой щелочный металлъ,—калій, затѣмъ кальцій, стронцій и барій,—элементы, входящіе въ составъ щелочныхъ земель,—и, наконецъ, магній, элементъ горькой земли (магнезіи).

Послѣ этого Дэви принялся за изслѣдованіе дѣйствія электрическаго тока на неразложенные до того времени окислы неметалловъ, которые назывались тогда кислотами. Съ борной кислотой дѣло пошло легко, и Дэви получилъ новый элементъ—боръ. Но попытки разложенія хлора, этого окисла таинственнаго элемента мурія, не привели къ желанному результату. Тщетно знаменитый химикъ, которому счастье до той поры никогда не измѣняло, старался лишить это тѣло кислорода. Послѣ каждой попытки онъ получалъ обратно, какъ продуктъ реакціи, неразложившійся хлоръ.

Этотъ отрицательный результатъ побудилъ нашего экспериментатора,—а вмѣстѣ съ нимъ и большинство химиковъ того времени,—отбросить гипотезу, что хлоръ есть окись мурія, и признать хлоръ неразложимымъ тѣломъ, т. е. элементомъ.

Это открытіе было весьма важно, такъ какъ въ данномъ случаѣ впервые пришлось признать существованіе кислотъ, не содержащихъ кислорода, какъ соляная кислота, состоящая только изъ хлора и водорода. До тѣхъ поръ кислородъ считался основнымъ элементомъ всѣхъ кислотъ. Этому взгляду

кислородъ обязанъ своимъ названіемъ. Благодаря открытію кислотъ, не содержащихъ кислорода, этотъ послѣдній началъ терять свое господствующее положеніе, которое ему далъ Лавуазье. Истиннымъ кислототворнымъ элементомъ Дэви призналъ водородъ. Позже оказалось, что этотъ изслѣдователь не ошибся.

Работы и открытія Дэви усилили интересъ широкихъ слоевъ общества къ естественнымъ наукамъ, и благодаря этому къ тому времени, т. е. въ началѣ XIX вѣка, былъ учрежденъ Королевскій Институтъ въ Лондонѣ, предназначенный для общедоступныхъ лекцій по естественнымъ наукамъ и для самостоятельныхъ изслѣдованій ученыхъ, преподававшихъ въ Институтѣ. Уставъ Института былъ выработанъ графомъ Румфордомъ, вторымъ супругомъ несчастной госпожи Лавуазье, и однимъ изъ первыхъ профессоровъ химіи въ Королевскомъ Институтѣ былъ Гёмфри Дэви. «Въ настоящее время трудно себѣ представить то впечатлѣніе, которое Дэви произвелъ своими первыми лекціями. Онѣ вызвали настоящій энтузіазмъ. Люди выдающихся талантовъ и высокаго званія, литераторы и ученые, модныя дамы и любительницы знаній, молодые и старые,— всѣ стремились въ аудиторію Дэви. Его молодость, простота обращенія, врожденный даръ слова, его познанія, ясность изложенія и блестящіе опыты привлекали всеобщее вниманіе и стяжали ему чрезвычайныя похвалы. Подарки и приглашенія посыпались на него со всѣхъ сторонъ. Всѣ искали его общества»[1]).

Лекціи Дэви въ Королевскомъ институтѣ привлекали множество слушателей, возбуждая въ нихъ уваженіе къ наукѣ и стремленіе къ дальнѣйшему образованію. Но ни на кого эти лекціи не дѣйствовали такъ сильно, какъ на одного невзрачнаго переплетчика—Михаила Фарадэя. Отецъ его, бѣдный кузнецъ въ селѣ вблизи Лондона, умеръ рано, и на Михаила, какъ на старшаго сына, выпала обязанность содержать семью. Онъ поступилъ въ обученіе къ переплетчику и сталъ прилежно заниматься переплетной работой. При этомъ онъ имѣлъ странную привычку — прочитывать книги, которыя ему приходилось переплетать. Первоначально онъ читалъ безъ разбору все, что попадало ему въ руки. Вскорѣ, однако, онъ сталъ обращать особенное вниманіе на сочиненія, относящіяся къ физикѣ и химіи.

[1]) W. Ostwald. Psychographische Studien.

Однажды Фарадэй шелъ по улицѣ и машинально читалъ расклеенныя по угламъ улицъ объявленія. Въ одномъ изъ нихъ говорилось, что на Dorset Street читаются вечернія популярныя лекціи по философіи природы. Входъ стоилъ шиллингъ. Фарадэй

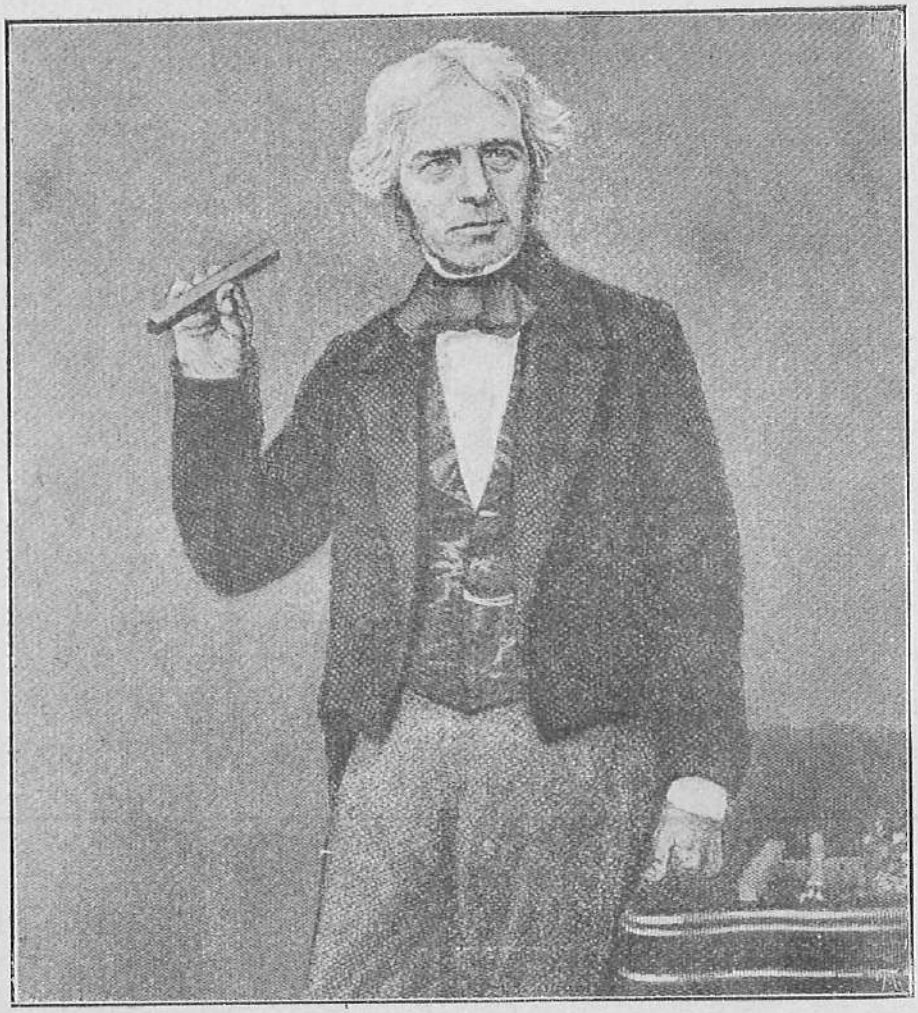


Рис. 37. Михаилъ Фарадэй (1791—1867).

одолжилъ у брата эту сумму, и началъ посѣщать эти лекціи; онъ внимательно слушалъ и прилежно записывалъ.

Въ числѣ этихъ лекцій были четыре лекціи Дэви по химіи. Онѣ оказали рѣшающее вліяніе на будущность молодого переплетчика. Нѣсколько дней спустя Фарадэй отправилъ Дэви письмо, въ которомъ выразилъ горячее желаніе посвятить себя научной дѣятельности.

«Я желаю — писалъ онъ — совершенно оставить ремесло и поступить на службу къ наукѣ, которая дѣлаетъ своихъ поборниковъ настолько же добрыми и благородными, насколько ремесло—злыми и себялюбивыми».

Къ этому наивному письму были приложены замѣтки, сдѣланныя на лекціяхъ Дэви и собственноручно переплетенныя авторомъ письма. Письмо заинтересовало Дэви, который внимательно прочелъ его. Отправляясь утромъ въ свою лабораторію въ Королевскомъ Институтѣ, онъ зашелъ къ своему пріятелю Пепи, котораго онъ обыкновенно навѣщалъ въ это время, и попросилъ у него совѣта.

— «Вотъ письмо одного юноши, который посѣщалъ мои лекціи. Его имя—Фарадэй. Онъ проситъ дать ему занятіе въ Институтѣ. Что мнѣ съ нимъ сдѣлать?»

— «Что съ нимъ сдѣлать? вели ему полоскать бутылки!— отвѣтилъ Пепи.—Если онъ согласится, то изъ него что-нибудь выйдетъ; если же нѣтъ, то онъ ничего не стоитъ».

— «Нѣтъ, нѣтъ,—возразилъ Дэви,—слѣдуетъ испытать его на чемъ-нибудь лучшемъ».

И дѣйствительно, онъ принялъ Фарадэя въ лабораторію и назначилъ ему жалованья 25 шиллинговъ въ недѣлю. Должность Фарадэя была нѣчто среднее между обязанностью служителя и ассистентствомъ. Фарадэй долженъ былъ не только помогать профессору въ научныхъ работахъ и приготовленіяхъ къ лекціоннымъ опытамъ, но кромѣ того долженъ былъ, согласно заключенному условію, «еженедѣльно сметать пыль со всѣхъ приборовъ и моделей, а также мыть и чистить стеклянные сосуды».

Вскорѣ Дэви отправился въ далекое путешествіе на материкъ. Въ этомъ путешествіи его сопровождалъ Фарадэй въ качествѣ секретаря. Но и теперь, кромѣ секретарскихъ обязанностей, Фарадэй долженъ былъ исполнять различныя порученія, особенно для надменной лэди Дэви. Гордая натура англичанина не могла съ этимъ примириться. Отсюда возникали частыя столкновенія, которыхъ Фарадэй долгое время не могъ забыть.

Однако, Фарадэй не могъ не быть доволенъ этимъ путешествіемъ: ему недоставало систематическаго научнаго образованія, а въ путешествіи онъ могъ пріобрѣсти знанія. Путешествіе давало ему много случаевъ ознакомиться съ новѣйшими

направленіями въ наукѣ, и завязать знакомство съ выдающимися учеными континента. Дэви всегда имѣлъ при себѣ подручную лабораторію, при помощи которой онъ производилъ въ дорогѣ опыты по самымъ разнообразнымъ вопросамъ, возникавшимъ въ результатѣ устнаго обмѣна мыслей съ другими учеными. Такимъ образомъ Дэви въ бытность свою въ Парижѣ открылъ іодъ и обнаружилъ его важнѣйшія свойства. Фарадэй не пропускалъ ни одного случая, который давалъ возможность чему либо поучиться.

Путешествіе продолжалось два года. Послѣ возвращенія въ Лондонъ Дэви не вернулся больше къ научной работѣ. Его здоровье было сильно надорвано не только усердной работой, которой требовали его открытія, но также благодаря открытому, свѣтскому образу жизни. Приглашенія и визиты отнимали у него ту часть свободнаго времени, которую слѣдовало бы посвятить отдыху.

По возвращеніи въ Лондонъ, Дэви занялся проблемами практическаго характера. И тутъ его геній принесъ не малую пользу человѣчеству. Къ этому періоду относится изобрѣтеніе извѣстной лампочки, которая получила названіе предохранительной лампы Дэви. Она предохраняетъ рудокоповъ отъ взрыва горючихъ газовъ, образующихся, напримѣръ, въ угольныхъ копяхъ. Для того, чтобы эти газы не загорались отъ прикосновенія съ пламенемъ лампочки, пламя покрывается металлической сѣткой. Когда газы проникаютъ внутрь лампочки, то происходитъ легкій взрывъ, и лампа тухнетъ; сѣтка охлаждаетъ продукты горѣнія настолько, что взрывъ не передается наружу.

Однако, силы Дэви были уже окончательно истощены. Нѣсколько лѣтъ спустя онъ получилъ ударъ, послѣ котораго вынужденъ былъ снова отправиться за границу. Онъ умеръ въ Женевѣ въ 1829 г., всего 51 года отъ роду.

Фарадэй, возвратившись въ Лондонъ, впервые приступилъ къ самостоятельнымъ научнымъ изслѣдованіямъ. Онъ занялся изученіемъ соединеній воды съ хлоромъ, газомъ, — который, какъ мы знаемъ, былъ подробно изслѣдованъ Дэви. Дэви первый доказалъ, что это тѣло есть элементъ.

Однажды Фарадэй нагрѣвалъ соединеніе воды съ хлоромъ, такъ называемый гидратъ хлора, въ запаянной стеклянной трубкѣ. При этомъ онъ замѣтилъ, что изъ соединенія выдѣляется хлоръ, который, сгущаясь на холодныхъ стѣнкахъ трубки, образуетъ

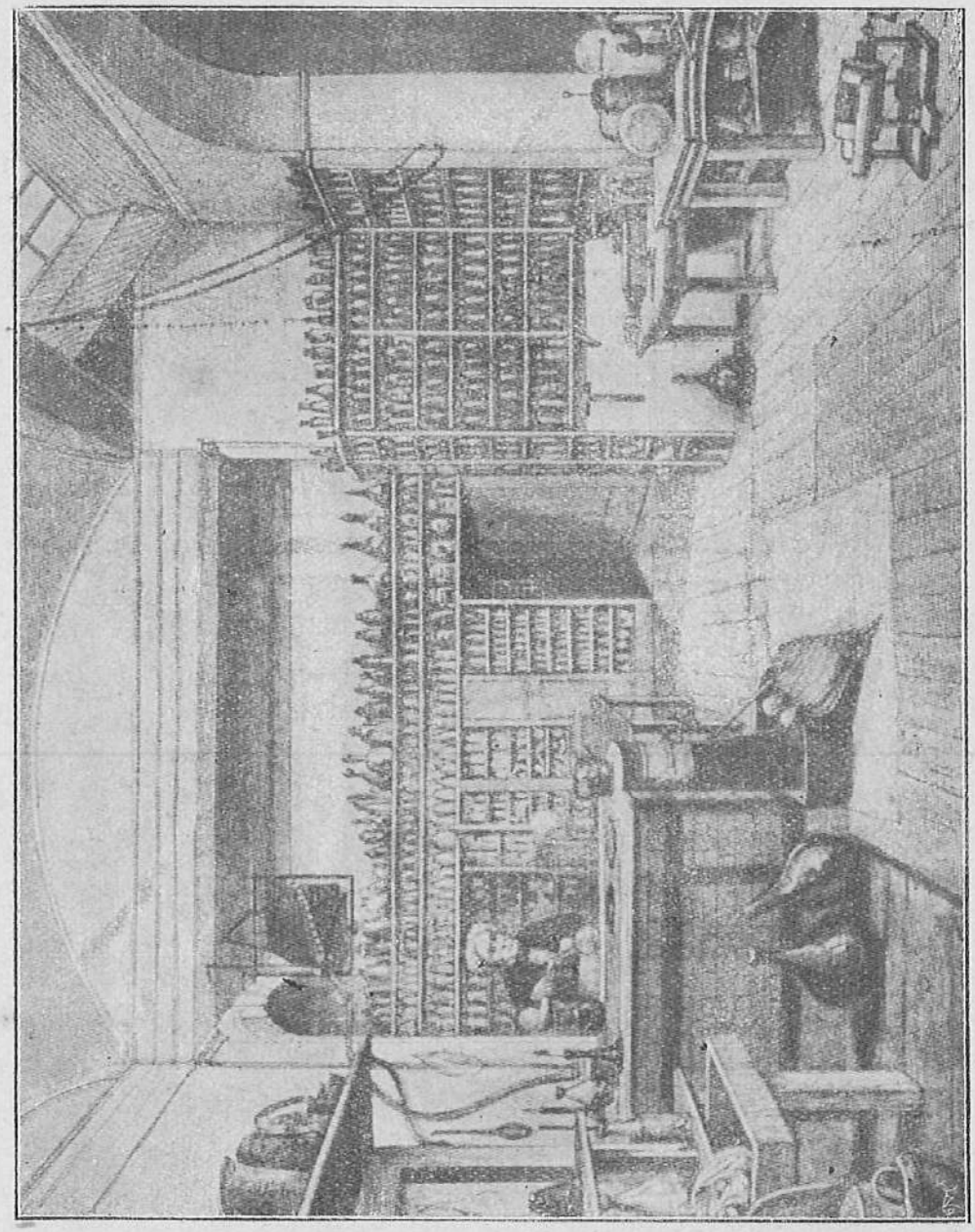


Рис. 38. Фарадэй въ лабораторіи Королевскаго Института въ Лондонѣ.

желтыя капли, похожія на масло. Въ эту минуту въ лабораторію вошелъ докторъ Парисъ, пріятель Фарадэя. Увидѣвъ масляныя капли на стѣнкахъ трубки, онъ разсердился на Фарадэя, рѣшивъ, что тотъ беретъ для работы грязные сосуды.

На слѣдующее утро докторъ Парисъ получилъ отъ своего пріятеля лаконическое письмецо слѣдующаго содержанія:

Милостивый Государь! Масло, которое Вы видѣли вчера, оказалось жидкимъ хлоромъ.

Съ почтеніемъ
М. Фарадэй.

Фарадэю удалось ожижить сначала хлоръ, а затѣмъ цѣлый рядъ другихъ газовъ, и такимъ образомъ былъ проложенъ мостъ между двумя аггрегатными состояніями тѣлъ — газообразнымъ и жидкимъ.

Фарадэй перевелъ въ жидкое состояніе амміакъ, углекислый газъ, хлоръ, хлористый водородъ, этиленъ и многіе другіе газы. Но оставались все-таки нѣкоторые газы, которые не сгущались ни подъ какимъ давленіемъ. Эти газы получили названіе «постоянныхъ» и долгое время оставались несжиженными. Только въ 1882 г. Врублевскій и Ольшевскій получили «жидкій воздухъ». Сгущеніе самыхъ «постоянныхъ» газовъ, — водорода и гелія, — удалось лишь въ наши дни.

Конечно, Фарадэй сдѣлалъ свое открытіе «случайно»! Это прекрасно иллюстрируется приведеннымъ выше разсказомъ. Но преимущество генія въ томъ именно и заключается, что онъ не проходитъ равнодушно мимо подобныхъ «случайныхъ» наблюденій, а схватываетъ ихъ общее значеніе и умѣетъ вывести изъ нихъ надлежащія заключенія.

Эти первые научные шаги обнаружили необычайный экспериментаторскій талантъ молодого ученаго. Дэви былъ непріятно задѣтъ тѣмъ, что его ассистентъ самостоятельно совершилъ и опубликовалъ свои изслѣдованія; въ душѣ Дэви зашевелилась зависть. Не могъ онъ ея побѣдить даже тогда, когда Фарадэя предложено было выбрать въ члены Королевскаго Общества: когда всѣ члены единогласно признали его достойнымъ этой чести, сэръ Дэви, предсѣдатель Общества, одинъ голосовалъ противъ Фарадэя. Фарадэй же, напротивъ, всегда питалъ благодарность и уваженіе къ своему учителю. Онъ остался до конца жизни вѣренъ тѣмъ идеальнымъ взглядамъ, съ которыми нѣкогда поступилъ въ лабораторію. Весьма замѣчательную черту характера Фарадэя составляла его глубокая религіозность, кото-

рой онъ отличался съ раннихъ лѣтъ до конца жизни. Но не менѣе замѣчательно и то, что онъ никогда не смѣшивалъ религіозныхъ убѣжденій съ научными истинами. Эти двѣ области его души вели совершенно независимое существованіе; подобное совмѣщеніе вѣры съ наукой мы встрѣчаемъ и у другого геніальнаго англійскаго естествоиспытателя,— Ньютона. Поучительно отношеніе Фарадэя къ спиритистическимъ опытамъ, которые уже въ то время, т. е. въ 50-ые годы минувшаго столѣтія, занимали нѣкоторую часть общества. Фарадэй по обыкновенію произвелъ нѣсколько опытовъ, на основаніи которыхъ онъ пришелъ къ убѣжденію, что извѣстное движеніе столиковъ вызывается безсознательными движеніями участниковъ. Этотъ результатъ Фарадэй опубликовалъ въ газетахъ, чѣмъ навлекъ на себя немало нападеній фанатическихъ приверженцевъ спиритизма.

Въ своемъ отношеніи къ наукѣ Фарадэй былъ непоколебимымъ идеалистомъ.

Сколько разъ ему ни представлялась возможность увеличить свои скромные заработки посторонними занятіями, онъ, однако, отвергалъ всякія предложенія, чтобы не сократить времени, предназначеннаго для научной работы. Онъ оставался профессоромъ, а впослѣдствіи директоромъ Королевскаго Института,—того великолѣпнаго учрежденія, которое въ столь значительной степени способствовало распространенію и углубленію естественно-научныхъ свѣдѣній въ Англіи. Его лекціи, читанныя въ Институтѣ, отличались необыкновенной ясностью. Къ сожалѣнію, только одна серія сохранилась для потомства — «Естественная исторія свѣчи», сочиненіе, считающееся еще и теперь классическимъ образцомъ популяризаціи. Главную заслугу Фарадэя составляютъ глубокія изслѣдованія явленій электрическаго разложенія тѣлъ,—изысканія, начало которымъ положилъ Дэви.

Дэви изучалъ эти явленія, которыя называются «электролизомъ», съ качественной стороны. Фарадэй же ввелъ въ эту область точные количественные методы и открылъ съ ихъ помощью основные законы, составляющіе фундаментъ современной электрохиміи.

Онъ первый доказалъ, что одинаковыя количества электричества разлагаютъ всегда одинаковыя количества вещества, независимо отъ условій опыта,—что количество разложеннаго

вещества прямо пропорціонально количеству электричества,—что, наконецъ, количества различныхъ тѣлъ, разлагаемыхъ дѣйствіемъ одинаковыхъ количествъ электричества, находятся въ такомъ же отношеніи, какъ ихъ химическіе эквиваленты, т. е. числа, нормирующія взаимное химическое дѣйствіе тѣлъ другъ на друга. Фарадэю мы обязаны также введеніемъ въ электрохимію понятія іона; такъ называется частица, переносящая электрическій зарядъ въ жидкихъ проводникахъ съ одного мѣста на другое: это есть какъ-бы носитель электрической энергіи. Дальнѣйшее развитіе этого понятія и примѣненія его въ самыхъ разнообразныхъ отрасляхъ физики и химіи, чрезвычайно важныя по своимъ послѣдствіямъ, составляютъ новѣйшую фазу въ исторіи химіи; въ настоящее время это понятіе занимаетъ центральное мѣсто въ физической химіи. Подробный разборъ результатовъ, къ которымъ привело изученіе іоновъ, необходимо поэтому отложить до одной изъ слѣдующихъ лекцій.

Здѣсь мы скажемъ еще нѣсколько словъ о тѣхъ фундаментальныхъ работахъ великаго англійскаго экспериментатора, которыя относятся къ области физики. Въ 30 изслѣдованіяхъ по электричеству онъ первый изучилъ подробно отношенія между электрическими и магнитными явленіями. Фарадэю мы обязаны открытіемъ фундаментальныхъ законовъ электродинамики и введеніемъ въ науку чрезвычайно важнаго понятія о силовыхъ линіяхъ. Поэтому Фарадэй можетъ по праву считаться отцомъ современной электротехники, хотя его изслѣдованія носятъ исключительно теоретическій характеръ.

Фарадэй женился 30-ти лѣтъ отъ роду на Сарѣ Барнардъ, дочери представителя секты «сандеманцевъ», къ которой принадлежалъ и самъ Фарадэй. «Его супружеская жизнь — говоритъ біографъ[1])—была чрезвычайно счастлива, хотя дѣтей у него не было. Госпожа Фарадэй была тѣмъ истиннымъ товарищемъ, въ которомъ нуждался геніальный ученый. Она любила его до конца жизни съ преданностью, вошедшей даже въ пословицу». Письма Фарадэя къ женѣ свидѣтельствуютъ о тѣхъ нѣжныхъ отношеніяхъ, которыя супруги сохраняли до конца жизни. «Никогда—такъ говоритъ онъ самъ—не существовала любовь болѣе

[1]) S. Thomson. Michael Faraday's Leben und Wirken.

чистая и постоянная. Подобно пылающему алтарю она сіяла въ продолженіе 46 лѣтъ, распространяя чистую теплоту безъ малѣйшаго дыма».

Фарадэй жилъ до конца своихъ дней въ Королевскомъ Институтѣ въ Лондонѣ, на Альбермарль-стритъ, гдѣ до сихъ поръ сохраняются его приборы. Умеръ онъ въ 1867 г., 75-ти лѣтъ отъ роду.

ИСТОЧНИКИ.

I. A. Paris. Humphry Davy. London, 1831.

John Davy. Denkwürdigkeiten aus dem Leben sir Humphry Davy's. Перев. Neubert. Leipzig, 1840. 4 т.

M. Faraday. Naturgeschichte einer Kerze. Berlin, 1884.

M. Faraday. Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehungen zueinander. Berlin, 1883.

J. Tyndall. Faraday und seine Entdeckungen. Braunschweig, 1870.

Silvanus Thompson. Michael Faraday's Leben und Wirken. Halle, 1900.

W. Ostwald. Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre. Leipzig, 1896.

W. Ostwald. Psychographische Studien, Ann. der Naturphilosophie, т. 6. (1908).

В. Оствальдъ. Великіе люди.

Jones Bence. The life and letters of Faraday. 2 т. London, 1870.

ЛЕКЦІЯ V.

Два пріятеля.

Содержаніе: Ярмарка въ Дармштадтѣ. — Молодые годы Либиха. — Приключенія въ школѣ. — Въ обученіи у аптекаря. — Студенческіе годы. — Дальнѣйшія неудачи — Парижъ. — Опыты съ взрывчатыми солями. — Разложеніе гремучей кислоты. — Ціановая кислота Вёлера. — Берцеліусъ въ качествѣ судьи. — Приглашеніе Либиха въ Гиссенъ. — Окладъ. — Переворотъ въ обученіи химіи. — Его послѣдствія. — Элементарный анализъ. — Примиреніе съ Вёлеромъ. — Искусственное полученіе мочевины. — Конецъ «жизненной силы». — Чѣмъ занимается органическая химія? — Радикалъ. — Вліяніе Либиха въ земледѣліи. — Дружба съ Вёлеромъ. — Переселеніе въ Мюнхенъ. — Анекдотъ.

Мм. Гг.

Ярмарка въ Дармштадтѣ отличалась въ 1812 году необыкновеннымъ оживленіемъ. Со всѣхъ сторонъ съѣхались купцы и торговцы, надѣясь продать свои товары. Это было не легко въ тѣ времена, когда не было скорыхъ и надежныхъ путей сообщенія, какими мы пользуемся въ настоящее время.

Поэтому ярмарки были въ то время не только желаннымъ, но прямо единственнымъ способомъ торговыхъ сношеній.

Среди многочисленныхъ столиковъ на видномъ мѣстѣ стоитъ человѣкъ, окруженный любопытной толпой зрителей. Онъ совершаетъ настоящія чудеса. То онъ въ одно мгновенье склеиваетъ разбитую чашку, то съ помощью прозрачной жидкости вытравляетъ пятно изъ праздничнаго платья какого-то господина. Показывая странные фокусы, онъ объясняетъ и учитъ, и въ то же время восхваляетъ различные товары, какъ то: ваксу, воду для выниманія пятенъ, фейерверки, эликсиръ для зубовъ и различнаго рода эссенціи.

Это—странствующій химикъ. Вотъ онъ показываетъ глазѣющей толпѣ, какъ можно въ одно мгновенье приготовить взрывчатый горохъ изъ ртути, спирта и азотной кислоты. Всѣ стоятъ въ торжественномъ ожиданіи результата этихъ манипуляцій. Въ толпѣ можно замѣтить маленькаго мальчика, который съ лукавой улыбкой слѣдитъ за движеніями странствующаго химика, какъ-будто желая этимъ показать, что ему знакомы эти таинственные пріемы волшебнаго искусства.

Дѣйствительно, онъ прекрасно знакомъ съ подобными экспериментами, ибо девятилѣтній Юстусъ—сынъ владѣльца аптекарскаго магазина; старикъ Либихъ имѣетъ за городомъ флигель, въ которомъ самъ приготовляетъ лаки, краски и прочіе матеріалы. Здѣсь маленькій Юстусъ можетъ украдкой изучать тайны химическаго искусства. Здѣсь, вмѣсто игры съ ровесниками, онъ старается повторять опыты, описанные великими людьми въ книгахъ по химіи. Эти опыты интересуютъ его несравненно болѣе, чѣмъ школьная наука. Ибо его голова всегда занята разнообразными мыслями о томъ, какъ простыми средствами отцовской лабораторіи произвести всѣ сложные опыты, описанные великими химиками. Гдѣ же въ этой головкѣ могъ еще помѣститься Цезарь или Гомеръ? Ему приходилось поэтому сидѣть въ классѣ всегда на послѣдней скамейкѣ, и если онъ не былъ послѣднимъ ученикомъ, то этимъ онъ обязанъ исключительно своему другу Рейлингу, который еще меньше вниманія обращалъ на науку и успѣшно соперничалъ съ Юстусомъ изъ-за послѣдняго мѣста. Этотъ соперникъ нашего героя въ непріязни къ наукѣ сталъ впослѣдствіи извѣстнымъ композиторомъ и директоромъ придворнаго оркестра въ Вѣнѣ. А нашъ Юстусъ Либихъ?

Либихъ былъ съ позоромъ исключенъ изъ предпослѣдняго класса и, какъ неспособный къ чему-либо лучшему, отданъ въ ученіе къ аптекарю. Аптека находилась въ Гоппенгеймѣ. Но злая судьба преслѣдовала его и тутъ. Не будучи въ состояніи отказаться отъ своей страсти, Либихъ продолжалъ химическіе опыты въ своей комнатѣ на чердакѣ. Охотнѣе всего онъ дѣлалъ опыты съ взрывчатыми веществами, которыя привлекали его вниманіе еще въ дѣтствѣ во время ярмарокъ.

Онъ занялся изслѣдованіемъ свойствъ гремучаго серебра;

но эти опыты были не совсѣмъ безопасны. Однажды ночью во время опытовъ произошелъ сильный взрывъ, который взорвалъ на воздухъ часть крыши. Опасаясь наказанія, виновникъ бѣжалъ подъ покровомъ ночной темноты и вновь вернулся въ родительскій домъ.

Отецъ счелъ этотъ случай указаніемъ, что не слѣдуетъ дольше сопротивляться столь ясно выразившимся стремленіямъ сына, и послалъ его въ Боннскій университетъ. Съ тѣхъ поръ Либихъ могъ свободно заниматься любимой наукой. Къ сожалѣнію, въ университетѣ его тоже ожидало разочарованіе: преподаваніе химіи, какъ и вообще естественныхъ наукъ, въ тѣ времена стояло въ Германіи на очень низкомъ уровнѣ. «Въ большинствѣ университетовъ, пишетъ Либихъ, не было тогда собственной каѳедры химіи; лекціи по химіи читались обыкновенно профессоромъ медицины, который долженъ былъ преподавать химію въ связи съ токсикологіей, фармакогнозіей, практической медициной и фармакологіей. Поэтому онъ читалъ столько, сколько самъ зналъ, а зналъ онъ немного».



Рис. 39. Либихъ — студентъ.

Недовольный такимъ положеніемъ дѣлъ, Либихъ переселился въ Эрлангенъ. Но и здѣсь онъ не нашелъ счастья.

Въ Эрлангенѣ онъ вступилъ въ студенческую корпорацію «Ренанія». Это была одна изъ тѣхъ корпорацій, которыя въ тѣ времена выступали публично въ защиту свободы, и потому вызывали неудовольствіе правящихъ сферъ. Правительства германскихъ княжествъ на основаніи постановленій, выработанныхъ въ Карлсбадѣ, строго ихъ преслѣдовали какъ союзы демагоговъ и разрушителей.

Пріятель Либиха, Карлъ Генрихъ Гофманнъ, въ то время былъ привезенъ изъ Дармштадта въ Берлинъ и здѣсь заключенъ въ тюрьму за тѣ самыя стремленія, которыя впослѣдствіи увѣнчались актомъ, скрѣпленнымъ подписью его сына, гессенскаго министра и берлинскаго посланника,—за стремленія къ объединенію Германіи въ союзъ государствъ съ общимъ имперскимъ парламентомъ изъ представителей народа.

Либихъ въ Эрлангенѣ тоже считался неблагонадежнымъ, а послѣ того какъ онъ принялъ участіе въ студенческой демонстраціи,—шествіи, окончившемся свалкой съ обывателями Эрлангена,—онъ счелъ необходимымъ бѣжать въ Дармштадтъ. Но и здѣсь настигла его карающая рука суда: Либихъ былъ заключенъ въ городскую тюрьму. Отбывъ наказаніе, онъ, однако, выхлопоталъ прощеніе великаго князя и даже болѣе того: по протекціи министра Либиху была назначена стипендія на поѣздку въ Парижъ для продолженія научнаго образованія.

Въ то время въ Германіи господствовала спекулятивная натурфилософія, и химія вслѣдствіе этого стояла на весьма низкомъ уровнѣ; во Франціи же химія къ тому времени достигла полнаго расцвѣта. Ученіе Лавуазье вызывало все новыя изслѣдованія, направленныя къ углубленію и упроченію идей Лавуазье. Послѣдователи Лавуазье, въ особенности Тенаръ и Гэ-Люссакъ, обратились къ изученію растительныхъ и животныхъ тѣлъ.

Либихъ отправился поэтому въ Парижъ, надѣясь найти тамъ то, чего недоставало въ Германіи: ясное и трезвое пониманіе явленій природы, правильное и искусное примѣненіе химическихъ методовъ, умѣніе точно анализировать химически сложныя тѣла.

Не довольствуясь знакомствомъ съ вопросами, ему уже извѣстными, Либихъ вскорѣ занялся изученіемъ новыхъ проблемъ, самостоятельно имъ продуманныхъ. Изъ всѣхъ тѣлъ его наиболѣе привлекали взрывчатыя соединенія, надъ которыми, какъ мы знаемъ, онъ работалъ съ самыхъ раннихъ лѣтъ: гремучая ртуть и гремучее серебро. Быть можетъ, его привлекали опасности, съ которыми сопряжена работа въ этой области; какъ бы то ни было, онъ продолжалъ въ Парижѣ опыты съ этими странными, столь опасными препаратами. Такимъ образомъ онъ открылъ фактъ, что гремучая ртуть, гремучее серебро и цѣлый

рядъ другихъ подобныхъ взрывчатыхъ веществъ представляютъ собой соли, т. е. соединенія металловъ съ остаткомъ одной общей кислоты. Либихъ назвалъ ее гремучей кислотой.

Пользуясь пріобрѣтенными во Франціи свѣдѣніями, онъ подвергаетъ анализу эту гремучую кислоту и находитъ, что она состоитъ изъ четырехъ элементовъ: угля, кислорода, водорода и азота, соединенныхъ въ слѣдующемъ отношеніи:

24 части угля,
32 части кислорода,
2 части водорода,
28 частей азота.

Анализъ тѣлъ, содержащихъ подобно гремучей кислотѣ элементъ углеродъ, считался въ тѣ времена чрезвычайно труднымъ дѣломъ. Нужно было сжечь изслѣдуемое тѣло, старательно собрать продукты горѣнія, углекислоту и воду, отдѣлить ихъ и взвѣсить. Гэ-Люссакъ мастерски производилъ такого рода анализы. Но его методъ отличался чрезвычайной сложностью, требовалъ значительной работы и большого искусства. Либихъ преодолѣлъ эти затрудненія и въ докладѣ, представленномъ Парижской Академіи въ 1823 г., предложилъ точную формулу гремучей кислоты.

Каково же было его изумленіе, когда въ томъ же году другой нѣмецкій химикъ описалъ другое тѣло, которое состояло будто бы изъ тѣхъ же элементовъ и въ томъ же отношеніи: то была ціановая кислота.

Кто же могъ это сдѣлать?

То былъ Фридрихъ Вёлеръ, родившійся въ 1800 г. въ Этерсгеймѣ, вблизи Франкфурта на Майнѣ. Подобно Либиху, онъ издѣтства занимался химическими опытами. Онъ сперва изучалъ въ Марбургѣ медицину, но вскорѣ ее оставилъ и переѣхалъ въ Гейдельбергъ, гдѣ посвятилъ себя изученію химіи подъ руководствомъ Леопольда Гмелина. Вёлеръ, подобно Либиху, не былъ доволенъ методомъ обученія химіи въ нѣмецкихъ университетахъ. Но въ то время, какъ Либихъ отправился на югъ, въ Парижъ,—молодой докторъ Вёлеръ поѣхалъ на сѣверъ. Тамъ въ химіи царилъ въ то время неутомимый талантъ Берцеліуса изъ Стокгольма. Вёлеръ отправился къ нему съ цѣлью усовершенствоваться въ выбранной спеціальности. Здѣсь именно онъ

произвелъ изслѣдованіе ціановой кислоты, соединенія, состоявшаго будто бы изъ тѣхъ же элементовъ, что и гремучая кислота Либиха, но совершенно отличавшагося отъ нея своими физическими свойствами и химическими дѣйствіями.

Либихъ считалъ, что Вёлеръ допустилъ ошибку въ анализѣ

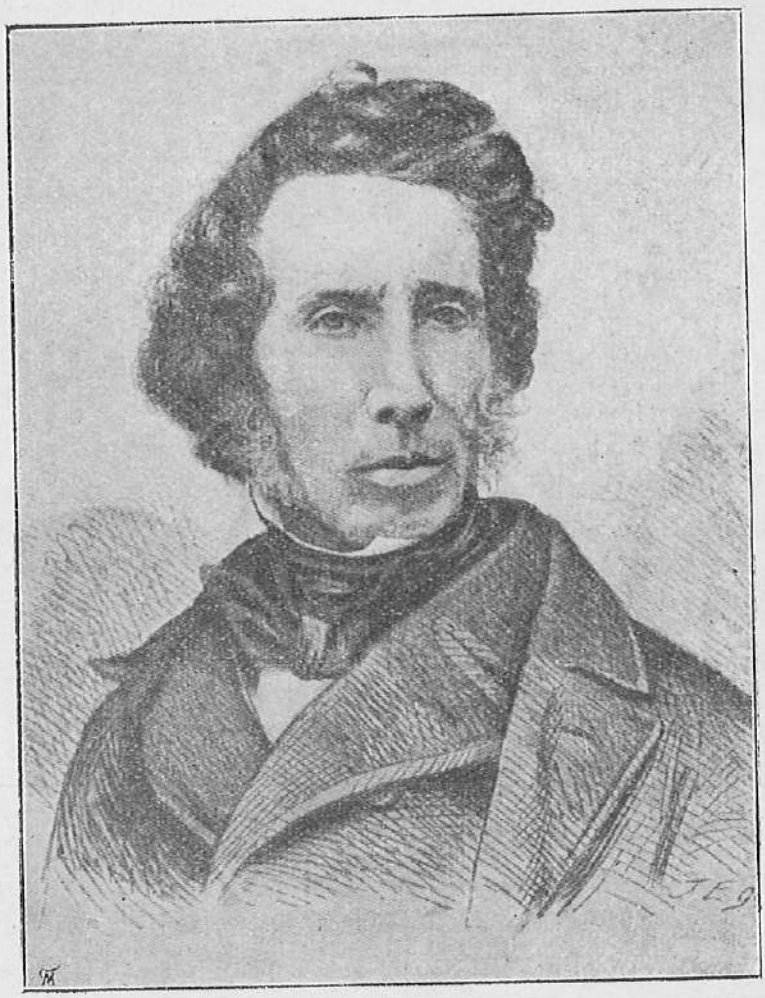


Рис. 40. Фридрихъ Вёлеръ (1800—1882).

своего соединенія. Вёлеръ же, напротивъ, отрицалъ правильность наблюденій Либиха. Такимъ образомъ между обоими молодыми учеными возникъ споръ, перешедшій затѣмъ въ ожесточенную полемику.

Споры возможны лишь въ области идей и словъ. Въ области же фактовъ чаще всего не бываетъ двухъ мнѣній: обыкновенно истина здѣсь скоро обнаруживается. Оба противника обратились

къ Берцеліусу, который въ вопросахъ химіи считался въ то время высшимъ судьей. Берцеліусъ тщательно провѣрилъ результаты, полученные обоими изслѣдователями, и пришелъ къ заклю-



Рис. 41. Яковъ Берцеліусъ (1779—1848).

ченію, что оба они правы. Пришлось примириться съ фактомъ, считавшимся до той поры невѣроятнымъ,—что могутъ существовать тѣла одинаковаго химическаго состава, но различа-

ющіяся остальными свойствами. Берцеліусъ далъ этому случаю названіе изомеріи, а тѣла одинаковаго состава, но различныхъ свойствъ, назвалъ изомерными.

Послѣ того, какъ былъ признанъ самый фактъ изомеріи, вскорѣ обнаружилось, что она представляетъ собою не исключительное, но весьма частое явленіе. Изомерія оказалась зародышемъ, изъ котораго впослѣдствіи развилась новая отрасль химіи.

Возвратимся, однако, къ нашему герою. Разсужденіе Либиха о гремучей кислотѣ вызвало нѣкоторую сенсацію. На томъ же засѣданіи Академіи, на которомъ Либихъ сдѣлалъ сообщеніе о своей работѣ, присутствовалъ пріятель Гэ-Люссака, — Александръ Гумбольдтъ. Онъ считался авторитетомъ въ естествознаніи и, какъ таковой, былъ чрезвычайно уважаемъ въ вліятельныхъ сферахъ Германіи. Гумбольдтъ заинтересовался своимъ земляком; благодаря ходатайству Гумбольдта, молодой ученый, которому тогда шелъ лишь 21 годъ, былъ назначенъ профессоромъ химіи въ Гиссенскомъ университетѣ.

Этотъ титулъ звучалъ красиво, но менѣе привлекательна была матеріальная сторона этого положенія. Годовое жалованіе составляло всего лишь 300 флориновъ*). Всѣ же приборы, необходимые для работы, Либиху приходилось испрашивать у старшаго товарища Циммерманна, который былъ ординарнымъ профессоромъ, или же покупать на собственный счетъ. А денегъ у Либиха было немного. Между тѣмъ на молодомъ ученомъ уже лежали семейныя обязанности, такъ какъ спустя 2 года послѣ назначенія онъ женился на Генріеттѣ Мольденгауэръ.

Несмотря на матеріальныя заботы, несмотря на трудности, съ которыми было сопряжено полученіе средствъ для дорого стоющихъ опытовъ, Либихъ велъ свои работы съ достойной удивленія энергіей и настойчивостью. Узнавъ на собственномъ горькомъ опытѣ, какъ плохо поставлено преподаваніе химіи въ университетахъ, Либихъ прежде всего обратилъ вниманіе на реорганизацію метода обученія соотвѣтственно духу самой науки. Либихъ прекрасно понималъ, что химія есть опытная наука, что

*) Флоринъ=49 коп.

она вытекаетъ изъ опыта, что опытъ долженъ составлять единственный неизсякаемый источникъ ея дальнѣйшаго развитія. Слѣдовательно, химическую науку слѣдуетъ черпать не только изъ книгъ, не только изъ сухихъ лекцій, которыя тогда даже не оживлялись демонстраціями, но изъ лабораторіи, путемъ нагляднаго ознакомленія съ химическими явленіями.

Поэтому первые шаги были направлены къ основанію химической лабораторіи. Какъ разъ въ это время умеръ старшій товарищъ Либиха, ординарный профессоръ Циммерманнъ. Либихъ унаслѣдовалъ отъ него лабораторію,—точнѣе говоря, часть старыхъ казармъ. Въ этомъ невзрачномъ зданіи народилась первая химическая лабораторія.

Картинка той кипучей дѣятельности, которой была полна тиссенская лабораторія, представлена на рисункѣ, сдѣланномъ однимъ изъ молодыхъ химиковъ, которые въ ней тогда работали.

Мы видимъ здѣсь мексиканца Ортогазу рядомъ съ Вилльемъ, который былъ тогда ассистентомъ Либиха, а впослѣдствіи—профессоромъ въ Берлинѣ; въ полуоткрытыхъ дверяхъ стоитъ Штрекеръ, ставшій позже профессоромъ тюбингенскаго университета, далѣе Варрентрапъ, Шереръ и, наконецъ, основатель химическаго общества въ Берлинѣ и профессоръ Берлинскаго университета А. В. Гофманнъ. На картинкѣ видна также и неизбѣжная фигура лабораторнаго служителя: это—Аубель, извѣстный фамулюсъ Либиха и олицетвореніе флегматичности, растирающій что-то въ ступкѣ.

Здѣсь была колыбель новаго метода преподаванія химіи. Лабораторная наука вскорѣ привилась въ нѣмецкихъ университетахъ и отсюда распространилась по всему міру. Слѣдуетъ добавить, что еще и въ настоящее время она основывается на тѣхъ же началахъ, которыя ввелъ Либихъ.

Объ этомъ, однако, приходится сожалѣть, такъ какъ съ того времени химія шагнула далеко впередъ. Химическій анализъ, который тогда представлялъ собою всю химическую науку, въ настоящее время составляетъ лишь ея часть. Поэтому въ Америкѣ уже двадцать лѣтъ тому назадъ прежняя лабораторная наука была реформирована согласно требованіямъ времени. У насъ же, въ Европѣ, все остается попрежнему.

Во всякомъ случаѣ, нельзя отрицать, что Либиховская лабо-

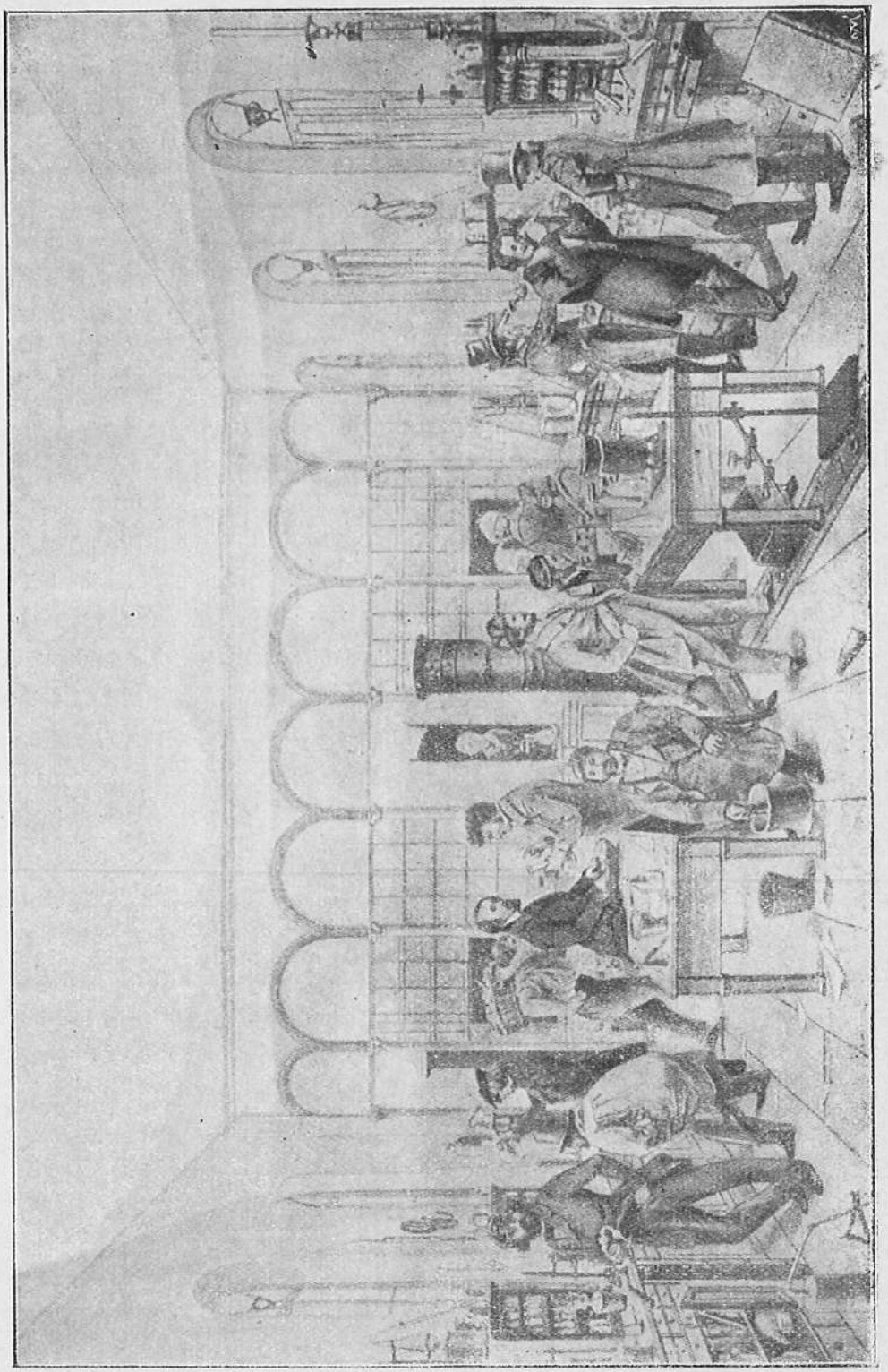


Рис. 42. Лабораторія Либиха въ Гиссенѣ.

раторія ввела новое педагогическое начало въ высшія учебныя заведенія,—принципъ индуктивной науки, основанной на наблюденіи и опытахъ самихъ учащихся. Съ той поры этотъ принципъ, все болѣе распространяясь, проникъ во всѣ отрасли естественныхъ наукъ. Мало-по-малу стали возникать новыя лабораторіи не только для химіи и физики, но и для зоологіи, ботаники, минералогіи, даже для опытной психологіи и теоретиче-



Рис. 43. Химическая лабораторія Берлинскаго университета.

ской физики. Свѣжій притокъ воздуха, проникшій во всѣ области знанія, способствовалъ ихъ пышному расцвѣту.

Даже гуманитарныя науки, какъ, напримѣръ, философія, исторія, право, политическая экономія, постепенно проникаются тѣмъ же педагогическимъ началомъ: по примѣру химіи онѣ усвоили методъ практическихъ занятій въ такъ называемыхъ семинаріяхъ.

Въ связи съ этимъ во всѣхъ учебныхъ заведеніяхъ отдѣльныя науки стали все болѣе обособляться, требуя для себя отдѣльныхъ зданій, особыхъ приспособленій. Подъ вліяніемъ этого те-

ченія нѣкоторые университеты разрослись въ цѣлыя предмѣстья. Достаточно сказать, что, напримѣръ, въ Лейпцигскомъ университетѣ, рядъ зданій, предназначенныхъ для лабораторій, составляетъ обширный районъ, главная улица котораго получила названіе улицы Либиха въ честь того, кто впервые ввелъ въ жизнь методъ практическаго обученія. Въ настоящее время химическія лабораторіи производятъ впечатлѣніе дворцовъ. Достаточно присмотрѣться къ обстановкѣ химической лабораторіи С.-Петербургскаго или Варшавскаго Политехническаго института. Достаточно взглянуть на Первый Химическій институтъ Берлинскаго университета. Сотни практикантовъ имѣютъ тамъ мѣсто для работы. Каждый имѣетъ въ своемъ распоряженіи газъ, воду, паръ, безвоздушное пространство, наконецъ, свѣжій воздухъ. Какъ тамъ свѣтло, какъ свободно, какъ пріятно! Какой незначительной, тѣсной и неудобной покажется въ сравненіи съ этими дворцами химіи маленькая лабораторія Либиха!

Однако, изъ этой невзрачной лабораторіи вышли прекраснѣйшія работы. Тамъ былъ заложенъ краеугольный камень новаго зданія; тамъ возникла органическая химія.

Либихъ занялся въ новой лабораторіи прежде всего усовершенствованіемъ методовъ химическаго анализа, т. е. методовъ, ведущихъ къ выясненію состава различныхъ тѣлъ, къ опредѣленію составляющихъ ихъ элементовъ и ихъ количественныхъ отношеній.

Тогда именно наступила очередь соединеній, происходящихъ изъ растительнаго и животнаго міра. Было уже извѣстно, что всѣ эти тѣла, при всей своей многочисленности и разнообразіи, состоятъ почти всегда изъ однихъ и тѣхъ же четырехъ элементовъ: углерода, кислорода, водорода и азота. Различіе между соединеніями обусловливается не различнымъ качественнымъ составомъ, но почти исключительно различіемъ количественнаго отношенія элементовъ. Слѣдовательно, для систематики этихъ соединеній важно было имѣть легкіе способы разложенія и простые методы количественнаго опредѣленія отдѣльныхъ составныхъ частей.

Что прежніе методы нисколько не отвѣчали условіямъ легкости и простоты, объ этомъ Либиху было извѣстно изъ собственнаго опыта, со времени анализа гремучей кислоты. Поэтому

онъ выработалъ собственный методъ. Методъ Либиха, который называется съ тѣхъ поръ элементарнымъ анализомъ, сохранился въ лабораторіяхъ по настоящее время почти безъ измѣненій.

Изслѣдуемое вещество взвѣшивается въ маленькой фарфоровой лодочкѣ. Лодочка вмѣстѣ съ веществомъ вводится въ стеклянную трубку изъ тугоплавкаго стекла, наполненную окисью мѣди. Послѣдняя получается, какъ я уже упомянулъ, путемъ сжиганія мѣдныхъ опилокъ на воздухѣ.

Приготовленная такимъ образомъ трубка нагрѣвается въ особой газовой или электрической печи, и одновременно пропускаютъ черезъ нее постоянный медленный токъ сухого воздуха или, еще лучше, чистаго кислорода. Изслѣдуемое тѣло сгораетъ совершенно, а несгорѣвшіе остатки, которые могли бы улетучиться въ высокой температурѣ печи, сгораютъ при соприкосновеніи съ окисью мѣди, которой наполнена трубка. Выходное отверстіе трубки соединено посредствомъ резиновой трубки съ двумя шарообразными приборами, которые называются приборами Либиха. Одинъ изъ нихъ содержитъ концентрированную сѣрную кислоту, служащую для поглощенія водяного пара, другой же — концентрированный растворъ ѣдкаго кали для поглощенія углекислоты. Такимъ образомъ, взвѣшивая оба прибора до и послѣ горѣнія, мы можемъ по разности вѣсовъ опредѣлить количества продуктовъ горѣнія, воды и углекислоты, и отсюда затѣмъ вычислить содержаніе углерода и водорода въ изслѣдуемомъ веществѣ.

Упрощенный Либихомъ элементарный анализъ органическихъ тѣлъ подвинулъ впередъ изслѣдованія этого класса тѣлъ и сдѣлалъ возможной ихъ систематику. Либихъ самъ гордился своимъ методомъ и формулировалъ его значеніе довольно обидными для химиковъ словами: «Теперь даже обезьяна можетъ стать химикомъ».

Но одновременно съ тѣмъ изученіе органическихъ тѣлъ получило толчокъ съ прямо противоположной стороны, — благодаря открытію методовъ синтеза, т. е. искусственнаго полученія этихъ соединеній. Этимъ открытіемъ химія обязана Вёлеру.

Мы оставили Вёлера въ моментъ, когда онъ въ пылу полемическаго увлеченія ожесточенно нападалъ на Либиха, который

упрекнулъ его въ неправильности анализа ціановой кислоты. Но это враждебное настроеніе продолжалось недолго. Вскорѣ обнаружилось, что оба изслѣдователя правы, и съ тѣхъ поръ два противника стали искренними друзьями. Желая смягчить впечатлѣніе недавней полемики, Вёлеръ первый обратился къ Либиху съ предложеніемъ произвести совмѣстную работу. Его желаніе вскорѣ осуществилось, при чемъ этотъ двойственный союзъ одарилъ химію не одной лишь работой, но цѣлымъ рядомъ изслѣдованій, вполнѣ заслуживающихъ названія классическихъ. Вёлеръ работалъ въ Берлинѣ, гдѣ состоялъ преподавателемъ промышленнаго училища, Либихъ же — въ Гиссенѣ. Планы изслѣдованій и результаты опытовъ они сообщали другъ другу письменно. Эта переписка, собранная и изданная послѣ ихъ смерти Гофманномъ въ видѣ двухъ объемистыхъ томовъ, представляетъ яркое свидѣтельство искренней дружбы, связывавшей обоихъ ученыхъ въ продолженіе 45 лѣтъ: отъ момента ихъ примиренія вплоть до смерти Вёлера.

Уже первые опыты съ ціановой кислотой обратили вниманіе Вёлера на интересное химическое превращеніе. Если ціановую кислоту смѣшать съ амміакомъ, то происходитъ, какъ и въ случаѣ всякой другой кислоты, нейтрализація, т. е. кислота соединяется съ основаніемъ, и продуктомъ этого соединенія является соль. Въ данномъ случаѣ получается ціановоаммоніевая соль, невзрачный порошокъ, который вы видите въ бутылочкѣ. Но этотъ порошокъ дѣлается интереснымъ, если растворить его въ водѣ и полученный растворъ нагрѣвать. Тогда вода улетучится, а растворенное тѣло останется въ сосудѣ. Но это будетъ уже не первоначальная ціановоаммоніевая соль, а совершенно отличное тѣло, продуктъ превращенія взятой нами соли.

Это фактъ самъ по себѣ весьма интересный; но несравненно болѣе поразительно было то, что новое тѣло, продуктъ превращенія ціановоаммоніевой соли, оказалось веществомъ, извѣстнымъ уже издавна, съ 1773 г., когда оно впервые было найдено въ мочѣ и вслѣдствіе этого получило названіе мочевины.

Эту мочевину Вёлеръ въ 1828 г. впервые получилъ искусственнымъ путемъ.

Чтобы надлежащимъ образомъ оцѣнить всю важность упомянутаго открытія, мысленно вернемся на мгновеніе къ той эпохѣ, когда химія подраздѣлялась на два большихъ отдѣла: на минеральную химію, къ которой принадлежала всякая мертвая, неорганическая матерія, и на растительную и животную химію, занимавшуюся изученіемъ тѣлъ, встрѣчающихся въ живыхъ, организованныхъ существахъ.

Между этими двумя областями лежала пропасть. Идеи Парацельза и Ванъ Гельмонта бросали свои тѣни на начало XIX вѣка. Правда, люди не вѣрили уже въ духовъ, которые вліяютъ на питаніе, ростъ и размноженіе растительныхъ и животныхъ организмовъ, но вѣрили еще въ особую силу, которая носила названіе «жизненной силы». По существу эта сила столь же таинственна, какъ «архей» Ванъ Гельмонта.

Единственно она, эта «жизненная сила», обладала способностью создавать органическую живую матерію изъ тѣлъ неорганическихъ, т. е. мертвыхъ.

Но вотъ Вёлеръ доказалъ, что явленіе превращенія неорганическаго тѣла въ органическое, а именно соли ціановой кислоты въ мочевину, происходитъ не только въ живомъ организмѣ, но и въ пробиркѣ химика. Этимъ открытіемъ былъ проложенъ мостъ черезъ пропасть, раздѣлявшую двѣ области химіи.

Только съ тѣхъ поръ начинается эра органической химіи, какъ систематической науки. Прежде всего стало очевидно, что основаніемъ подраздѣленія тѣлъ должно служить не ихъ минеральное, растительное или животное происхожденіе, но единственно лишь составъ тѣлъ, родъ ихъ элементовъ. Такимъ образомъ «органическими» стали считаться всѣ тѣла, содержащія элементъ углеродъ, независимо отъ ихъ происхожденія, а та часть химіи, которая занимается изученіемъ соединеній углерода, получила названіе «органической химіи».

Чѣмъ же объясняется такое привиллегированное положеніе углерода? Почему этому элементу отведена цѣлая особая область, въ то время какъ его товарищи вмѣстѣ съ ихъ соединеніями должны всѣ довольствоваться оставшейся частью химіи, ея неорганической частью?

Отвѣтомъ на этотъ вопросъ можетъ служить указаніе на чрезвычайное разнообразіе соединеній углерода, на подавляющее богатство этой области химіи. Упомяну здѣсь, что число соединеній углерода съ однимъ лишь водородомъ составляетъ сотни! Теоретически же это число совсѣмъ неограничено. Къ этому классу принадлежатъ столь различныя соединенія, какъ рудничный газъ, отъ взрывовъ котораго въ рудникахъ ежегодно погибаетъ много рудокоповъ — ацетиленъ и маслородный газъ, или этиленъ, главная составная часть свѣтильнаго газа. Къ тому же классу относится и бензолъ, который примѣняется въ производствѣ красящихъ веществъ, терпентинъ, церетинъ, парафинъ и очень много другихъ тѣлъ, извѣстныхъ своими практическими примѣненіями. Всѣ эти тѣла, столь различныя по своему виду, представляютъ собою соединенія однихъ и тѣхъ же двухъ элементовъ: углерода и водорода. Сколь же велико должно быть число соединеній углерода съ водородомъ и кислородомъ, съ азотомъ, сѣрой и т. д.!

Эта именно способность углерода образовать многочисленныя соединенія съ другими элементами, способность давать соединенія, обладающія не только качественно, но иногда и количественно совершенно одинаковымъ составомъ,—эта способность составляетъ исключительную особенность углерода. Она именно и побудила химиковъ выдѣлить всѣ соединенія углерода въ особый отдѣлъ «органической» химіи.

Но то же самое обстоятельство, т. е. чрезвычайное разнообразіе соединеній этого класса, затрудняетъ ихъ классификацію. Для характеристики неорганическаго соединенія вообще бываетъ достаточно указать его элементы и ихъ количественное отношеніе, тогда какъ въ органической химіи эти данныя оказываются недостаточными для однозначнаго опредѣленія изслѣдуемаго соединенія. Здѣсь мы на каждомъ шагу встрѣчаемъ тѣла, обладающія различными физическими и даже химическими свойствами, но, несмотря на это, не отличающіяся ни количественнымъ, ни качественнымъ составомъ. Таковы, напримѣръ, ціановая и гремучая кислоты, открытыя Либихомъ и Вёлеромъ, и углеводороды, открытые Фарадэемъ: ацетиленъ и бензолъ.

Классификація органическихъ соединеній должна поэтому основываться на другихъ свойствахъ. Научные труды Либиха и

Вёлера создали первыя основанія, на которыхъ была воздвигнута новая систематика. Въ одной изъ слѣдующихъ лекцій, которую я намѣренъ посвятить изложенію новѣйшихъ успѣховъ химическаго синтеза, мы подробно разсмотримъ эту систему органической химіи, которая въ настоящее время повсюду признается обязательной. Теперь же мы ограничимся лишь ознакомленіемъ съ первыми скромными зачатками этой системы: съ теоріей радикаловъ.

Химикамъ давно было извѣстно, что при нѣкоторыхъ химическихъ превращеніяхъ въ рядѣ соединеній часть соединенія остается безъ измѣненія: эту часть мы можемъ получить обратно послѣ нѣкотораго ряда химическихъ операцій.

Примѣромъ могутъ служить кислоты. Мы уже знаемъ, что изъ кислоты можно получить ея соль, что металлъ этой соли можно замѣстить другимъ металломъ и что изъ этой новой соли мы можемъ обратно получить первоначальную кислоту. Во время этихъ превращеній соединеніе, какъ таковое, не подвергается полному распаду, но отъ него отдѣляется лишь одинъ элементъ,—водородъ. Водородъ мы можемъ замѣстить металломъ; металлъ въ свою очередь можетъ быть замѣщенъ другимъ металломъ, и, наконецъ, этотъ послѣдній мы при желаніи можемъ опять замѣстить водородомъ. Остальные элементы, входящіе въ составъ кислоты, при всѣхъ этихъ превращеніяхъ остаются въ постоянной связи между собою. Они только обмѣниваютъ водородъ, съ которымъ они соединены сравнительно слабѣе, на другой элементъ, къ которому имѣютъ болѣе сильное влеченіе.

Подобная группа элементовъ, связанныхъ между собою сильнѣе, чѣмъ съ другими элементами, называется радикаломъ или остаткомъ.

Съ подобнымъ радикаломъ мы познакомились уже въ примѣрѣ съ ціановой кислотой: это радикалъ ціанъ, состоящій изъ углерода и азота и входящій въ составъ не только ціановой кислоты, но и многихъ другихъ соединеній.

Либихъ, равно какъ и Вёлеръ, открыли и изслѣдовали большое число разнообразныхъ радикаловъ.

Прежде всего Либихъ задался цѣлью найти неизмѣнный остатокъ алкоголя, изучая различныя превращенія этого вещества. При этомъ онъ открылъ хлороформъ и хлоралъ, два очень

важныхъ наркотическихъ средства, которыя сыграли чрезвычайно большую роль въ развитіи новѣйшей медицины, въ особенности хирургіи.

Затѣмъ послѣдовали классическія совмѣстныя работы обоихъ ученыхъ объ основаніи масла горькихъ миндалей. Имъ удалось доказать, что это соединеніе содержитъ радикалъ «бензоилъ»,— тотъ самый радикалъ, который входитъ какъ необходимая составная часть во всѣ соединенія такъ называемаго ароматическаго ряда.

Теорія радикаловъ явилась тѣмъ лучомъ свѣта, который проникъ въ таинственный лабиринтъ органическихъ соединеній. Какъ только путь былъ найденъ, дальнѣйшая работа въ этой области могла производиться уже съ большей скоростью.

Но она уже не привлекала Либиха.

Послѣ тридцатилѣтней дѣятельности въ Гиссенѣ, Либихъ былъ приглашенъ въ Мюнхенъ. Здѣсь онъ былъ совершенно свободенъ отъ преподаванія въ лабораторіи, которая съ теченіемъ времени успѣла ему надоѣсть, хотя нѣкогда была имъ самимъ основана. Въ Мюнхенѣ Либихъ только читалъ лекціи. Его публичныя вечернія лекціи пользовались заслуженнымъ успѣхомъ.

Но главное вниманіе Либихъ обратилъ теперь на вопросы практической важности, какъ, напримѣръ, реформа земледѣлія.

Уже въ то время было извѣстно, что всѣ растенія, а слѣдовательно, и наши обыкновенные злаки, кромѣ углекислоты, заимствуемой изъ атмосферы, и кромѣ воды, поглощаемой изъ почвы, требуютъ для своего роста и развитія нѣкоторыхъ минеральныхъ частей земли, тѣхъ самыхъ неорганическихъ солей, которыя послѣ сгоранія растенія остаются въ видѣ золы. Было также извѣстно, что производительность земли съ теченіемъ времени уменьшается вслѣдствіе постоянной убыли этихъ солей. Чтобы противодѣйствовать этому истощенію почвы, землю удобряли навозомъ. Либихъ первый объявилъ, что можно искусственно удобрять землю, прибавляя къ ней тѣ именно соли, которыя поглощаются растеніями, т. е. главнымъ образомъ соли фосфорной кислоты, селитру и каліевыя соли. Земледѣльцы, которые обыкновенно отличаются консервативностью мышленія, признали идею Либиха безсмысленной. Необходимо было убѣдить ихъ фактами.

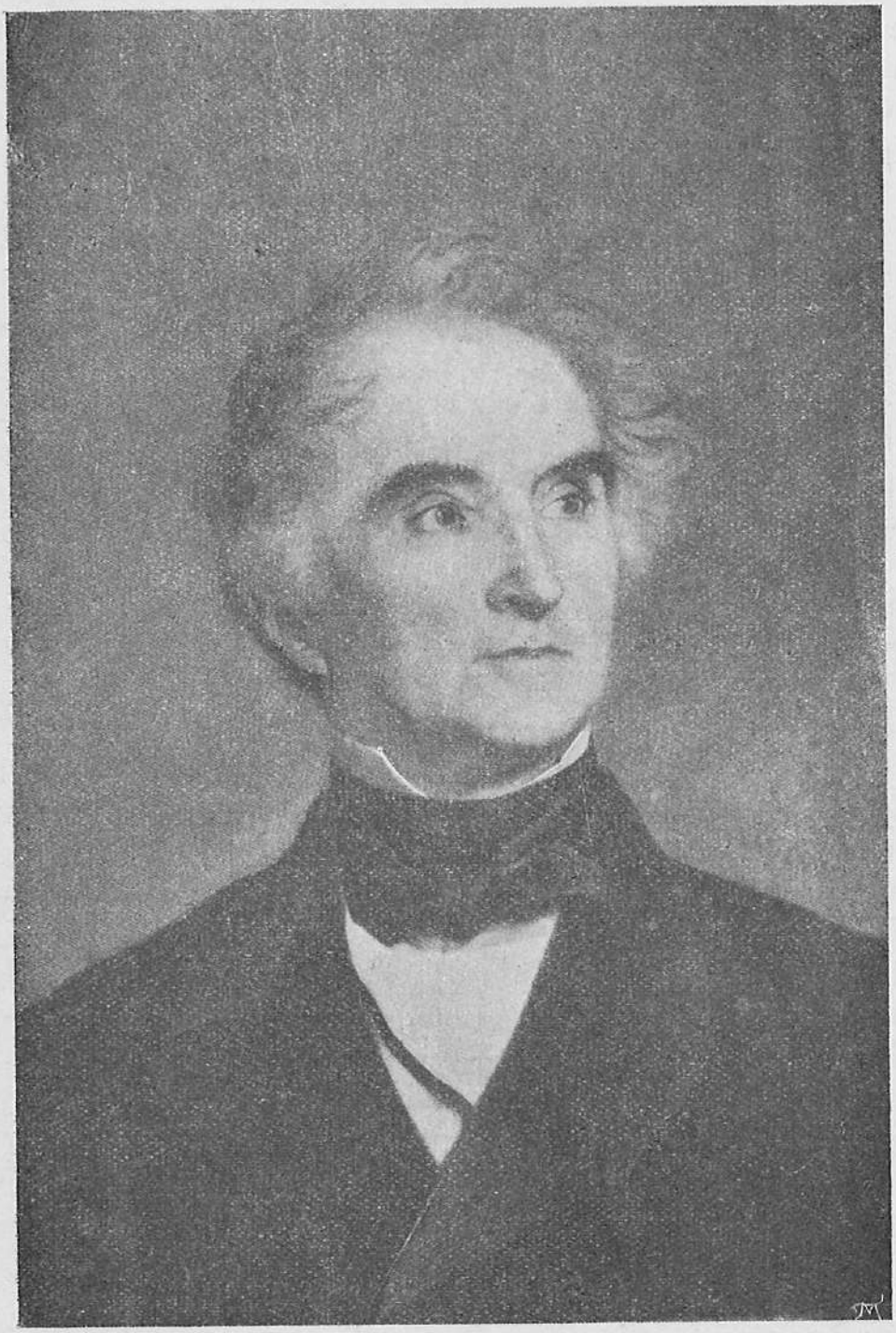


Рис. 44. Юстусъ Либихъ (1803—1873).

Съ этой цѣлью Либихъ еще въ Гиссенѣ купилъ у города песчаный холмикъ. Этотъ пригорокъ, на которомъ не могла развиваться ни одна былинка, Либихъ удобрилъ искусственнымъ навозомъ,—азотнокислымъ каліемъ и фосфорнокислымъ каліемъ. Спустя нѣсколько лѣтъ, это пустынное песчаное мѣсто превратилось въ цвѣтущій садъ.

Такимъ образомъ Либиху удалось ввести въ земледѣліе искусственный навозъ; этимъ онъ принесъ огромную пользу какъ земледѣлію, такъ и промышленности, которая съ тѣхъ поръ стала вырабатывать искусственные виды навоза въ большомъ количествѣ.

Но это еще не все. Своими лекціями и популярными сочиненіями Либихъ старался возбудить въ широкихъ слояхъ публики интересъ къ вопросамъ химіи. Кромѣ того, онъ подарилъ человѣчеству не одно полезное изобрѣтеніе.

Я упомянулъ уже объ открытіи хлороформа. Не меньшей извѣстностью пользуется и Либиховскій мясной экстрактъ, который употребляется какъ суррогатъ бульона.

Дружба Либиха съ Вёлеромъ съ теченіемъ времени все возрастала. Въ 1835 г. Вёлеръ былъ приглашенъ въ Геттингенскій университетъ. Съ тѣхъ поръ друзья обыкновенно проводили вмѣстѣ каникулы. Вёлеръ представлялъ полную противоположность Либиху: Либихъ отличался страстной, даже бурной натурой; Вёлеръ же былъ осторожнымъ и наружно холоднымъ человѣкомъ. Тѣмъ не менѣе они прекрасно ладили другъ съ другомъ.

«Часто лѣтомъ, когда оба друга жили надъ Тунскимъ озеромъ, случалось, что они цѣлые часы просиживали рядомъ на верандѣ, не обмѣниваясь ни однимъ словомъ. Они хотѣли только быть вблизи другъ друга, и въ этомъ они находили наилучшій отдыхъ послѣ семестровой работы. То была истинная дружба: тихая и искренняя»*).

Въ Мюнхенѣ Либихъ остался на своей должности до конца жизни, т. е. до 1873 г. По своему характеру онъ представлялъ

*) A. W. v. Hofmann. Justus v. Liebig u. Friedrich Wöhler, zwei Gedächtnissreden. Leipzig, 1891.

собою типъ нѣмецкаго профессора съ его превосходными качествами, но также и съ нѣкоторыми странностями, которыхъ не лишены даже великіе умы. Какъ всѣмъ извѣстно, великое отъ смѣшного отдѣляетъ лишь одинъ шагъ.

Я позволю себѣ въ поясненіе этой старой истины воспользоваться нѣсколькими минутами, оставшимися въ моемъ распоряженіи, чтобы разсказать маленькій, но довольно характерный анекдотъ, переданный племянникомъ Либиха, извѣстнымъ профессоромъ политической экономіи Кнаппомъ.

«Въ домѣ Либиха былъ балъ. Не выспавшись за ночь, Либихъ усталый входитъ въ аудиторію. Передъ тѣмъ, какъ онъ сталъ за лекціоннымъ столомъ, изъ аудиторіи послышалась зѣвота. Ассистентъ, предчувствуя недоброе, скромно стоитъ у стола. На очереди былъ углеродъ.

— Алмазъ представляетъ собою уголь въ кристаллическомъ видѣ. Вотъ, господа, алмазъ!

Алмазъ долженъ былъ лежать въ голубой коробкѣ. Профессоръ открываетъ коробку, слегка приподымаетъ вату—алмаза нѣтъ!

— Что же, господинъ докторъ—обращается онъ къ ассистенту,— гдѣ алмазъ?

Тотъ, къ кому относился этотъ вопросъ, пожалъ плечами и задрожалъ всѣмъ тѣломъ. Говорить въ присутствіи слушателей нельзя было. Слушатели предчувствовали скандалъ и отъ души пожалѣли ассистента.

Профессоръ же съ нетерпѣніемъ опять спрашиваетъ:

— Господинъ докторъ, гдѣ же алмазъ?

Мучительное молчаніе и вторичное пожатіе плечами.

— Я требую отъ Васъ, чтобы Вы мнѣ показали алмазъ!

Ассистентъ приближается къ столу, осторожно ощупываетъ вату въ коробкѣ и—вынимаетъ алмазъ.

Профессоръ же, какъ ни въ чемъ не бывало, продолжаетъ:

— Итакъ, господа, алмазъ представляетъ собою, какъ вы видите, кристаллическій уголь.

Въ глубинѣ комнаты ассистентъ прислонился къ стѣнѣ. Лицо его покраснѣло отъ пережитаго волненія. Слушатели облегченно вздохнули».

ИСТОЧНИКИ.

E. v. Meyer. Aus J. Liebigs Lehr- und Wanderjahren. Leipzig, 1903.

J. Volhard. Justus v. Liebig. Sein Leben und Wirken. Liebigs Annalen, т. 328, (1903).

G. F. Knapp. Justus v. Liebig, nach dem Leben gezeichnet. Liebigs Annalen, т. 328, (1903).

A. Kohut. Justus v. Liebig, Sein Leben und Wirken. Giessen, 1904.

A. W. v. Hofmann. Justus v. Liebig. Friedrich Wöhler. Leipzig, 1893.

A. W. v. Hofmann. Liebigs und Wöhlers Briefwechsel. 2 т. Braunschweig, 1888.

G. W. A. Kahlbaum. Fr. Wöhlers Jugendbildnis in Briefen. Leipzig, 1900.

G. W. A. Kahlbaum. J. v. Liebig und Friedrich Mohr in ihren Briefen. Leipzig, 1904.

F. Wöhler. Jugenderinnerungen eines Chemikers. Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft, т. 8 (1875).

H. G. Söderbaum. Berzelius Werden und Wachsen. 1779—1821. Leipzig, 1899.

J. Volhard. Justus Liebig. Leipzig, 1909.

W. Ostwald. Grosse Männer. Leipzig, 1909.

ЛЕКЦІЯ VI.

Врачъ и пивоваръ.

Содержаніе: Откуда происходитъ теплота горѣнія. — Отвѣтъ флогистиковъ. — Пневматическая теорія не была въ состояніи отвѣтить на этотъ вопросъ. — Исчезновеніе и возникновеніе теплоты: a) при затвердѣваніи и плавленіи; b) при испареніи и ожиженіи. — Теплота тренія. — Опыты гр. Румфорда. — Работы Дэви. — Опытъ Тиндалля и вытекающія изъ него слѣдствія. — Ниспроверженіе вещественной теоріи тепла. — Джауль и Майеръ. — Жизнь и научная дѣятельность Джауля. — Путешествіе Майера въ Индію. — Судьба первой работы Майера. — Борьба. — Философскіе труды. — Что такое энергія? — Виды ея. — Ея превращенія. — Психическая энергія.

Мм. Гг.

Тѣ изслѣдователи, жизнь и труды которыхъ мы разсматривали до сихъ поръ, были всѣ безъ исключенія химиками. Лишь немногіе изъ нихъ соединяли знаніе химіи со знаніемъ физики. Это были Бойль, Фарадэй и нѣкоторые другіе, способствовавшіе въ одинаковой степени развитію обѣихъ отраслей точной науки.

Сегодня мы познакомимся съ двумя изслѣдователями, дѣятельность которыхъ относится исключительно къ области физики, и которымъ мы обязаны открытіемъ наиболѣе общаго закона природы, — закона сохраненія энергіи.

Хотя работы этихъ двухъ изслѣдователей не касаются непосредственно химіи, однако онѣ оказали столь сильное вліяніе на дальнѣйшую исторію нашей науки, что пониманіе послѣдующихъ этаповъ ея развитія оказывается невозможнымъ безъ ознакомленія съ этими основными физическими изслѣдованіями.

Чтобы оцѣнить ихъ значеніе для химіи, необходимо еще разъ на минуту обратиться назадъ, къ эпохѣ господства флогистона. Припомнимъ, что въ тѣ времена явленіе горѣнія описывалось слѣдующимъ образомъ:

При горѣніи содержащійся въ горючихъ тѣлахъ флогистонъ превращается въ теплоту и свѣтъ.

Лавуазье измѣнилъ этотъ взглядъ:

Горѣніе есть соединеніе горючихъ тѣлъ съ кислородомъ; при этомъ процессѣ образуются новыя тѣла, — окислы.

Откуда, однако, происходитъ теплота?

На этотъ вопросъ созданная Лавуазье теорія горѣнія не дала отвѣта,—болѣе того, она, кажется, даже не обратила вниманія на этотъ вопросъ.

Неужели теплота образуется изъ ничего? Неужели природа, которая отмѣрила намъ количество вещества съ такой точностью, что мы не можемъ ничего ни прибавить къ нему, ни отнять,—неужели эта самая природа одарила насъ способностью создавать и уничтожать теплоту, ту теплоту, которая составляетъ одно изъ драгоцѣннѣйшихъ благъ міра?

Долгое время какъ будто казалось, что такъ и есть въ дѣйствительности.

Нѣкоторыя наблюденія, казалось, доказывали, что теплота есть нѣчто такое, что мы можемъ по желанію создавать изъ ничего или уничтожать.

Вотъ стаканъ съ водой, въ которой плаваютъ куски льда. Въ воду погруженъ термометръ. Термометръ показываетъ нуль, т. е. ту температуру, при которой ледъ обыкновенно таетъ. Этотъ сосудъ съ водой и льдомъ уже довольно долго находится въ комнатѣ, температура которой значительно выше нуля и равна по меньшей мѣрѣ 14^0. Однако, термометръ не повышается и все время стоитъ на нулѣ. Теперь я помѣщаю сосудъ съ водой надъ газовымъ пламенемъ, но и это не помогаетъ; температура остается безъ измѣненія.

— Быть можетъ, термометръ испортился?— спросите вы.

Я вынимаю термометръ изъ воды, и прикасаюсь къ нему рукою: ртуть сейчасъ же поднимается вверхъ. Слѣдовательно, термометръ въ исправности.

Необходимо поэтому признать, что вода со льдомъ обладаетъ свойствомъ «уничтожать» теплоту безъ малѣйшаго повышенія собственной температуры.

Вотъ колба съ кипящей водой. Газовое пламя вызываетъ энергичное испареніе воды. Однако, температура воды не повышается. Какъ бы мы ни нагрѣвали воду, температура никогда не поднимается выше 100^0. Значитъ, и въ этомъ случаѣ теплота, образующаяся вслѣдствіе горѣнія газа, «исчезаетъ» безслѣдно.

Но это только кажется!

Дѣйствительно, теплоту, поглощенную кипящей водой, мы въ состояніи получить обратно: стоитъ лишь посредствомъ стеклянной трубки ввести водяной паръ въ другой сосудъ съ водой,— и послѣдняя очень скоро нагрѣвается.

Вода нагрѣвается не вслѣдствіе того, что водяной паръ горячъ. Дѣйствительно, если вмѣсто пара ввести во второй сосудъ съ водой равное количество воды, нагрѣтой до 100°, то нагрѣваніе будетъ ничтожное. Въ дѣйствительности же вода во второмъ сосудѣ нагрѣвается той же теплотой, которую мы первоначально затратили на парообразованіе, на превращеніе воды въ паръ.

Знаменитый физико-химикъ XVIII вѣка Блэкъ первый занялся подробнымъ изученіемъ этихъ явленій; въ одномъ мѣстѣ онъ говоритъ слѣдующее:

«Теплота не исчезаетъ ни при плавленіи льда, ни при испареніи воды, но переходитъ въ другое, невидимое состояніе; изъ этого невидимаго состоянія ее можно вновь превратить въ обыкновенную теплоту, заставляя воду замерзнуть, или паръ сгуститься въ воду».

Этотъ невидимый родъ теплоты Блэкъ назвалъ «скрытой теплотой».

Вскорѣ обнаружились новые факты, свидѣтельствовавшіе о самостоятельномъ образованіи теплоты. Они были открыты извѣстнымъ намъ графомъ Румфордомъ, вторымъ мужемъ несчастной госпожи Лавуазье.

Жизнь графа Румфорда была полна бурь и перемѣнъ. Одно время онъ состоялъ главнымъ инспекторомъ арсенала въ Мюнхенѣ. Наблюдая за сверленіемъ пушекъ, онъ открылъ весьма интересныя явленія.

Всякій разъ, когда приводились въ дѣйствіе сверлильныя машины, можно было замѣтить, что пушка нагрѣвается. Нагрѣваніе было столь значительно, что теплота, образовавшаяся при сверленіи, повысила до температуры кипѣнія 19 фунтовъ воды, заключенной въ ящикѣ, окружавшемъ пушку.

— «Кипѣніе такого большого количества воды безъ огня чрезвычайно поразило всѣхъ присутствовавшихъ»—добавляетъ Румфордъ при описаніи этихъ опытовъ.

Гёмфри Дэви подтвердилъ эти результаты, потирая въ силь-

ный морозъ два куска льда одинъ о другой. Отъ дѣйствія теплоты, производимой треніемъ, ледъ таялъ.

Къ сожалѣнію, пушки принадлежатъ къ весьма дорогимъ приборамъ, а храненіе ихъ въ физическомъ кабинетѣ можетъ даже возбудить подозрѣнія. По этой причинѣ я не въ состояніи повторить здѣсь опытъ графа Румфорда въ его первоначальномъ видѣ. Я покажу сейчасъ другой опытъ, который описанъ въ извѣстномъ сочиненіи Тиндалля о теплотѣ и представляетъ видоизмѣненіе опыта Румфорда.

Эта маленькая латунная трубка замѣнитъ намъ пушку. Эта трубка, закрытая снизу, прикрѣплена къ кружку центробѣжной машины. Вращая рукоятку машины, мы приводимъ нашу маленькую пушку въ весьма быстрое вращательное движеніе. Треніе я

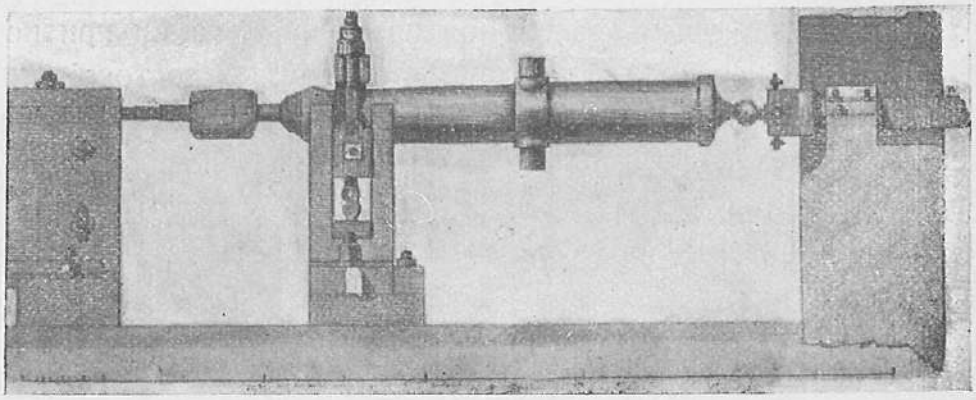


Рис. 45. Опытъ графа Румфорда.

вызываю съ помощью щипцовъ, состоящихъ изъ двухъ кусковъ дубоваго дерева, соединенныхъ между собою кожаной пластинкой. Въ дощечкахъ вырѣзаны углубленія, прилегающія къ наружнымъ стѣнкамъ латунной трубки. Сжимая эти щипцы, мы можемъ вызвать треніе между деревомъ и мѣдной трубкой, приведенной въ быстрое вращеніе. Вмѣсто примѣненной Румфордомъ воды, я наливаю въ трубку обыкновенный эѳиръ, который быстрѣе закипаетъ. Я закупориваю пробкой отверстіе трубки, чтобы не дать эѳиру пролиться, и привожу трубку въ быстрое вращеніе. Вслѣдствіе тренія образуется теплота, эѳиръ нагрѣвается и сильно испаряется; такъ какъ паръ не можетъ выйти изъ закупоренной трубки, то долженъ произойти взрывъ, и, дѣйствительно, пробка съ силой подбрасывается къ потолку.

Теперь этотъ опытъ не представляется намъ столь страннымъ, какимъ онъ долженъ былъ показаться въ прежнее время. Повседневный опытъ учитъ насъ, что отъ тренія происходитъ теплота. Мы всѣ знаемъ, что оси желѣзнодорожныхъ вагоновъ нагрѣваются отъ тренія; зимою мы согрѣваемъ окоченѣлыя руки, потирая одну о другую; мы зажигаемъ спичку, потирая головку о бумагу, содержащую фосфоръ и приклеенную къ стѣнкамъ коробки. Дикіе народы, незнакомые съ этимъ изобрѣтеніемъ, вызываютъ огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева.

Но довольно уже примѣровъ! Утвержденіе, что теплоту можно произвести искусственно, а именно, ударомъ или треніемъ, въ настоящее время не вызываетъ никакихъ сомнѣній.

Болѣе трудными для пониманія эти явленія казались ученымъ XIX вѣка. Ибо тогда теплоту такъ же, какъ электричество и магнетизмъ,—а въ прежнее время и свѣтъ,—считали веществомъ, особымъ невѣсомымъ видомъ матеріи. Что касается матеріи, то изслѣдованія Лавуазье установили, что ее нельзя ни создать, ни уничтожить, что всѣ ея превращенія состоятъ лишь въ измѣненіи формы. Вотъ почему въ то время трудно было понять тѣ явленія, въ которыхъ теплота,—называвшаяся тогда теплородомъ (calorique, Wärmestoff), — образуется какъ бы сама изъ себя, а не изъ какого-либо другого вида матеріи.

Это затрудненіе существовало долгое время. Не устранили его даже остроумныя гипотезы Румфорда и Дэви. Только въ 1842 г. оно было преодолѣно благодаря одновременнымъ трудамъ двухъ людей, которые совершили это дѣло, не зная другъ о другѣ. То были англійскій пивоваръ Джэмсъ Прескоттъ Джауль и нѣмецкій врачъ Юлій Робертъ Майеръ. Слѣдуетъ особенно отмѣтить фактъ, что оба они не были физиками, ни вообще профессіональными учеными. Слѣдовательно, открытіемъ наиболѣе общаго изъ всѣхъ извѣстныхъ доселѣ законовъ природы мы обязаны людямъ, занимавшимся наукой не по профессіи; но, быть можетъ, именно благодаря этому имъ было легче, чѣмъ профессіональнымъ ученымъ, отречься отъ господствовавшихъ предубѣжденій.

Дж. П. Джауль родился въ 1818 г. въ Сальфордѣ, близъ Манчестера. Онъ былъ однимъ изъ тѣхъ ученыхъ-любителей, которые нерѣдко встрѣчаются въ Англіи; помимо своихъ профес-

сіональныхъ занятій, они находятъ достаточно времени и охоту для серьезной научной работы и часто достигаютъ при этомъ существенныхъ результатовъ. Отецъ Джэмса былъ владѣльцемъ пивоваренаго завода. Такъ какъ молодой Джэмсъ былъ слабъ отъ рожденія, то его не посылали въ училище, а обучали дома. На шестнадцатомъ году жизни Джэмса вмѣстѣ съ братомъ отправили въ Манчестеръ, гдѣ онъ изучалъ естественныя науки, главнымъ образомъ подъ руководствомъ Дальтона. Здѣсь Джауль впервые познакомился съ употребленіемъ физическихъ приборовъ. Девятнадцати лѣтъ отъ роду онъ опубликовалъ работу о магнетизмѣ, въ которой описалъ изобрѣтенныя имъ электромагнитныя машины.



Рис. 46. Джэмсъ Прескоттъ Джауль (1818—1889).

Его практическій умъ вскорѣ обратился къ подробному изслѣдованію вопроса о превращеніи электрическаго тока въ работу. При этихъ изслѣдованіяхъ онъ замѣтилъ, что всякій разъ, когда электрическій токъ проходитъ по проводнику, напримѣръ, по металлической проволокѣ, эта послѣдняя нагрѣвается. Теплота, порожденная токомъ, находится въ строго опредѣленномъ отношеніи къ силѣ тока.

Такимъ образомъ, Джауль, исходя изъ вопросовъ практическаго характера, пришелъ къ общему принципу, гласящему, что между теплотой и работой должна существовать причинная зависимость.

— «Всякій разъ, какъ исчезаетъ работа, появляется теплота. Обратно: посредствомъ надлежащихъ приспособленій можно теплоту превратить въ работу, какъ, напримѣръ, въ котлахъ нашихъ паровыхъ машинъ.

— «Однако, во всѣхъ этихъ случаяхъ, независимо отъ характера превращенія, образующаяся теплота и исчезающая работа остаются въ постоянномъ, неизмѣнномъ отношеніи».

Число, выражающее это отношеніе, есть одна изъ важнѣйшихъ постоянныхъ природы и называется «механическимъ эквивалентомъ теплоты».

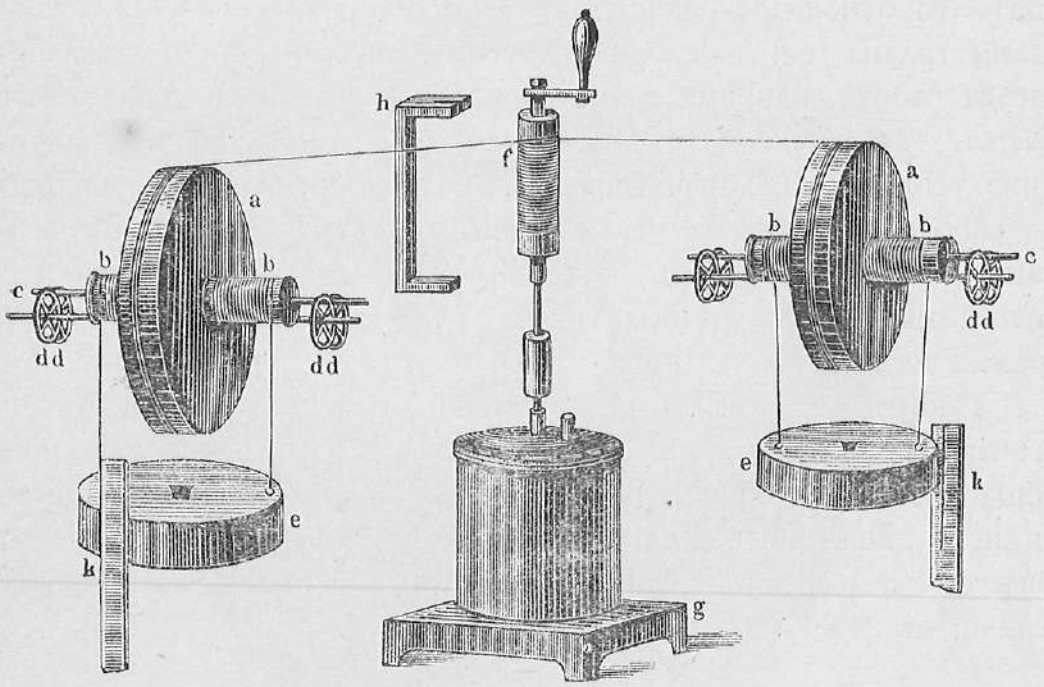


Рис. 47. Опытъ Джауля.

Джауль опредѣлилъ это число слѣдующимъ образомъ. Грузъ извѣстнаго вѣса P опускался съ опредѣленной высоты H. Этотъ грузъ былъ прикрѣпленъ къ веревкѣ, перекинутой черезъ блокъ. Другой конецъ веревки былъ навернутъ на валъ, снабженный нѣсколькими крыльями, погруженными въ воду или въ масло. При опусканіи груза валъ приходилъ во вращеніе. Когда грузъ поднимали, надо было затратить опредѣленное количество работы, тѣмъ большее, чѣмъ больше былъ грузъ и чѣмъ выше онъ поднимался. Если вѣсъ груза составляетъ P килограммовъ, а высота

равна H метрамъ, то количество потраченной работы составляетъ

$$A = PH \text{ килограммметровъ.}$$

При паденіи груза эта работа исчезала. Но при этомъ, вслѣдствіе тренія крыльевъ въ водѣ, возникала теплота, и количество этой теплоты Q можно было точно опредѣлить съ помощію термометровъ.

Отношеніе работы къ теплотѣ

$$E = \frac{PH}{Q}$$

и составляетъ искомый «эквивалентъ теплоты». Джауль опредѣлилъ это отношеніе и нашелъ, что оно составляетъ 424 килограммметра на одну калорію. Другими словами, когда затрачивается работа, напримѣръ, когда вѣсъ 1 килограмма падаетъ съ высоты 424 метровъ, то одновременно съ этимъ возникаетъ единица теплоты,—калорія. Обратно, въ случаѣ превращенія теплоты въ работу, мы можемъ изъ единицы теплоты (калоріи) получить такое количество работы, которое дастъ намъ возможность поднять 1 килограммъ на высоту 424 метровъ, или же 424 килограмма на высоту 1 метра.

Такимъ образомъ, нашъ англійскій пивоваръ путемъ обобщенія отдѣльныхъ явленій возвысился до познанія наиболѣе общаго закона природы. Громадное значеніе работъ Джауля было оцѣнено лишь впослѣдствіи. Тогда на него посыпались почести. Онъ же оставался въ тиши своего имѣнія, гдѣ и умеръ на 71 году жизни, въ 1889 г.

Совершенно другимъ путемъ шелъ нѣмецкій врачъ Робертъ Майеръ.

Судьба его столь трагична и столь поучительна, что вполнѣ заслуживаетъ болѣе подробнаго изложенія. Съ этой цѣлью я воспользуюсь нѣкоторыми данными изъ книги извѣстнаго слѣпца-философа и ненавистника профессорскаго сословія — Евгенія Дюринга, который въ свое время принялъ горячее участіе въ дѣлѣ Майера.

Юлій Робертъ Майеръ былъ сынъ аптекаря. Онъ родился въ маленькомъ вюртембергскомъ городкѣ Гейльброннѣ, въ 1814 г. То былъ годъ расцвѣта реакціи и реставраціи. Майеръ первона-

чально обучался въ гимназіи, а затѣмъ въ духовномъ учебномъ заведеніи въ Шёнталѣ. Пребываніе въ этомъ училищѣ было для Майера пыткой. Душѣ молодого Майера были противны занятія мертвыми языками,—латинскимъ и греческимъ. Скелетамъ мертвыхъ языковъ Майеръ предпочиталъ настоящіе, человѣческіе скелеты: въ изученіи медицины Майеръ надѣялся найти удовлетвореніе своего влеченія къ изслѣдованію природы.

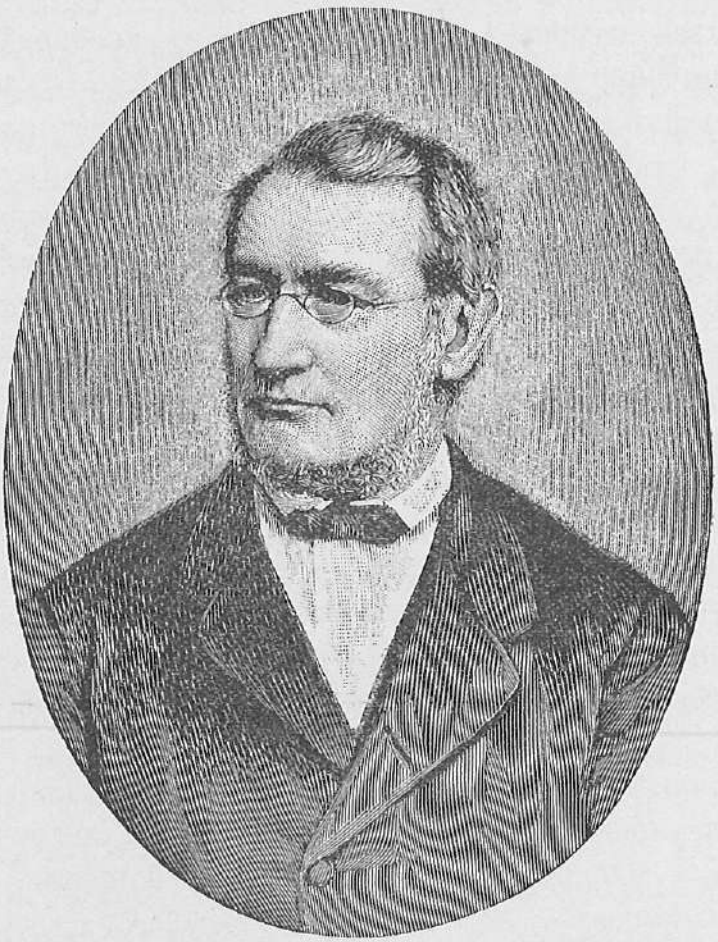


Рис. 48. Юлій Робертъ Майеръ (1814—1878).

Въ 1832 г. Майеръ отправился въ Тюбингенъ, гдѣ записался на медицинскій факультетъ; здѣсь онъ оставался студентомъ въ продолженіе восьми семестровъ.

Майеръ занимался наукой съ большимъ увлеченіемъ, но принималъ также дѣятельное участіе въ студенческой жизни и состоялъ даже предсѣдателемъ студенческаго кружка. Какъ извѣстно, всякія студенческія организаціи считались въ тѣ времена

весьма опасными для государства и строго преслѣдовались. Каковы были стремленія Майера и его молодыхъ товарищей,—объ этомъ исторія умалчиваетъ. Неизвѣстно, довольствовались ли они только ношеніемъ лентъ и шапочекъ и опоражниваніемъ огромнаго количества бутылокъ съ пивомъ, или же, быть можетъ, стремленія кружка возвышались надъ обычнымъ уровнемъ. Во всякомъ случаѣ, Майеръ не замышлялъ государственной измѣны. Такъ или иначе, но Майеръ былъ присужденъ къ карцеру. Глубокое чувство несправедливости,—въ этомъ отношеніи Майеръ былъ чрезвычайно чувствителенъ,—побудило его отказаться отъ пищи, пока власти не рѣшили освободить его изъ заключенія.

Послѣ этой исторіи университетскій сенатъ «посовѣтовалъ» Майеру оставить университетъ, проще говоря, исключилъ Майера изъ университета. Майеръ продолжалъ изученіе медицины въ Мюнхенѣ и Вѣнѣ; вскорѣ онъ получилъ разрѣшеніе вернуться въ Тюбингенъ, гдѣ въ 1838 г. кончилъ курсъ со степенью доктора медицины.

Около этого времени Майеру представился случай увидѣть свѣтъ. Онъ принялъ должность врача на торговомъ кораблѣ, который отправлялся на островъ Яву. Достигнувъ цѣли путешествія, Майеръ занялся практикой среди туземцевъ. Какъ извѣстно, въ то время универсальный методъ лѣченія всѣхъ болѣзней состоялъ въ пусканіи крови. Совершая эту операцію, Майеръ сдѣлалъ наблюденіе, послужившее поводомъ къ открытію закона сохраненія энергіи.

А именно, Майеръ замѣтилъ, что венозная кровь жителей Явы свѣтлѣе крови европейцевъ. Чѣмъ можно было объяснить эту разницу? Майеру было извѣстно изъ физіологіи, что венозная кровь становится свѣтлѣе въ легкихъ вслѣдствіе того, что при соприкосновеніи съ воздухомъ она насыщается кислородомъ. Обратно, лишаясь кислорода, кровь темнѣетъ. Что же происходитъ съ содержащимся въ крови кислородомъ?

Мы знаемъ, что отвѣтъ на этотъ вопросъ далъ уже Лавуазье. Кислородъ расходуется при горѣніи органическихъ веществъ, вырабатываемыхъ организмомъ, подобно тому, какъ расходуется воздухъ, входящій черезъ рѣшетку печи, при горѣніи дровъ или угля.

Примѣняя эту теорію къ жителямъ Явы, Майеръ разсуждалъ

слѣдующимъ образомъ. Кровь яванцевъ свѣтлѣе и, слѣдовательно, содержитъ больше кислорода, чѣмъ кровь европейцевъ. Это можетъ происходить только отъ того, что процессъ горѣнія въ организмѣ туземцевъ совершается медленнѣе и менѣе энергично, чѣмъ у жителей умѣренной полосы. Вслѣдствіе жаркаго тропическаго климата организму туземцевъ не приходится производить такого количества теплоты, какое должны вырабатывать жители холодныхъ странъ, чтобы удержать температуру тѣла на постоянномъ уровнѣ.

Вотъ рядъ заключеній, выведенныхъ Майеромъ изъ одного простого факта. Но Майеръ не остановился на этомъ. Вскорѣ ему пришлось убѣдиться, что теплота составляетъ лишь одно звено въ цѣпи явленій, непрерывно происходящихъ въ организмѣ вслѣдствіе химическаго дѣйствія кислорода, поглощеннаго легкими, на пищу, получаемую организмомъ; дѣйствительно, кромѣ теплоты, организмъ производитъ и работу. Источникомъ этой работы служитъ дыханіе, въ чемъ насъ убѣждаетъ хотя бы слѣдующій фактъ: лишь только количество этой работы увеличивается, напримѣръ, когда мы подымаемся на гору, или поднимаемъ тяжесть, или совершаемъ быстрое движеніе и т. д., наше дыханіе становится болѣе частымъ и энергичнымъ, чѣмъ при нормальныхъ условіяхъ.

Такимъ образомъ, Майеръ въ 1842 г. пришелъ къ общему принципу, что кромѣ матеріи въ природѣ существуетъ еще и другая постоянная; это невѣсомое и невещественное нѣчто можетъ являться въ различныхъ видахъ, какъ теплота, свѣтъ, движеніе, электричество и т. д; однако, общее количество этого невѣсомаго въ природѣ столь же неизмѣнно, какъ и общее количество матеріи.

Это «неизмѣнное» нѣчто Майеръ назвалъ силой. Названіе было неудачно, такъ какъ это слово въ физикѣ обозначаетъ другую величину, проявляющуюся въ ускореніи движенія тѣлъ. Понятіе, введенное въ науку Майеромъ, въ настоящее время называется энергіей. Этотъ терминъ былъ введенъ въ науку Ранкиномъ.

Неточность названія и, кромѣ того, общая непріязнь къ всякой философіи, явившаяся реакціей противъ слишкомъ долгаго господства спекулятивной натурфилософіи въ точныхъ

наукахъ, были причиной того, что идеи Майера были встрѣчены болѣе чѣмъ холодно.

Въ 1842 г. Майеръ написалъ небольшое разсужденіе подъ названіемъ «Количественное и качественное опредѣленіе силъ». Онъ обратился съ своей статьей къ Поггендорфу, издателю извѣстныхъ Анналовъ физики и химіи, но тотъ отказался напечатать статью Майера, какъ слишкомъ метафизическую. И дѣйствительно, относясь критически къ этому первому труду Майера, нельзя не признать, что Поггендорфъ былъ правъ. Ибо Майеръ, который не былъ физикомъ по спеціальности, смѣшиваетъ въ своей работѣ такія разнородныя понятія, какъ «величина движенія» и «живая сила», «сила» и «работа».

Не теряя интереса къ основной идеѣ, Майеръ занялся—при помощи нѣкоторыхъ друзей — пополненіемъ своихъ научныхъ знаній и приведеніемъ своихъ взглядовъ въ точное согласіе съ требованіями науки. Плодомъ этой переработки явилась маленькая статья подъ заглавіемъ: «О силахъ мертвой природы», напечатанная въ 1842 г. въ Анналахъ химіи и фармаціи, издававшихся Либихомъ. Лишь весьма немногіе оцѣнили важное значеніе этой работы. Оффиціальный научный міръ совершенно ее игнорировалъ.

Однако, эта маленькая статья, всего въ 7 страницъ, содержитъ все открытіе Майера. Между прочимъ авторъ даетъ здѣсь геніальное вычисленіе механическаго эквивалента теплоты, основанное не на непосредственныхъ измѣреніяхъ величины,— ибо Майеръ не былъ физикомъ,— а на чрезвычайно остроумномъ разсужденіи.

Вообразимъ цилиндръ, закрытый крышкой, плотно прилегающей къ стѣнкамъ; крышка можетъ перемѣщаться внутри цилиндра съ весьма незначительнымъ треніемъ. Такая крышка, какъ извѣстно, называется поршнемъ. Цилиндръ наполненъ воздухомъ; вѣсъ же поршня равенъ какъ разъ давленію атмосферы, т. е. составляетъ немного болѣе одного килограмма на каждый квадратный сантиметръ. Предположимъ, что, давая цилиндру теплоту извнѣ, мы нагрѣемъ его вмѣстѣ съ воздухомъ на 1° Ц.

Изъ повседневнаго опыта всѣмъ извѣстно, что всѣ тѣла при нагрѣваніи расширяются. Воздухъ въ этомъ отношеніи не составляетъ исключенія. Такъ какъ поршень можетъ свободно

перемѣщаться, то онъ поднимется вверхъ. Но этотъ поршень обладаетъ извѣстнымъ вѣсомъ, а именно, вѣсомъ 1 килограмма, и вслѣдствіе расширенія воздуха этотъ килограммъ долженъ подняться вверхъ.

Отсюда ясно, что, нагрѣвая цилиндръ съ воздухомъ, мы можемъ поднимать тяжести, или совершать дѣйствіе, называемое въ механикѣ работой.

Слѣдовательно, если намъ удастся опредѣлить количество тепла, затрачиваемое при подниманіи поршня, и если мы вычислимъ совершаемую при этомъ работу, то легко можно будетъ опредѣлить отношеніе

$$E = \frac{\text{работа}}{\text{теплота}},$$

т. е. механическій эквивалентъ теплоты.

Числа, необходимыя для этого вычисленія, были тогда уже извѣстны. Майеръ произвелъ вычисленіе и нашелъ, что E равно 365 килограмметрамъ.

Это число значительно отличается отъ числа, полученнаго Джаулемъ путемъ непосредственныхъ измѣреній, о которыхъ я говорилъ выше. Это объясняется неточностью данныхъ для удѣльной теплоты воздуха.

Судьба обоихъ открытій была одинакова. Простые опыты Джауля не вызывали сомнѣній; оспаривалось лишь ихъ всеобщее, космическое значеніе. Работы же Майера разсматривались, правда, съ космической точки зрѣнія, но имъ не довѣряли, какъ слишкомъ «философскимъ».

Итакъ, Майеру предстояла тяжелая и продолжительная борьба. Ему не только пришлось бороться съ внѣшнимъ врагомъ, т. е. съ умственной косностью ученаго класса, но и въ своемъ собственномъ домѣ онъ встрѣтилъ самое серьезное сопротивленіе. Одновременно съ изданіемъ своего перваго сочиненія Майеръ женился. Докторша была,—какъ разсказываютъ, — женщина весьма энергичная, обладавшая мужскимъ характеромъ. Какъ бы тамъ ни было, и она принадлежала къ многочисленному кругу тѣхъ лицъ, которыя не были въ состояніи понять идей Майера. Къ внѣшней борьбѣ присоединились такимъ образомъ неурядицы въ собственной семьѣ, обострявшіяся съ каждымъ годомъ. Нервная система Майера ослабѣла отъ этихъ

постоянныхъ столкновеній, и въ 1849 г. съ нимъ случился сильный нервный припадокъ.

Въ изступленіи онъ выскочилъ на дворъ съ окна своей спальни, расположенной во второмъ этажѣ. Благодаря счастливой случайности Майеръ избѣжалъ смерти, но искалѣчилъ себѣ обѣ ноги, а одну изъ нихъ ему пришлось тянуть до конца жизни.

Здоровье Майера было сильно расшатано и требовало серьезнаго лѣченія. Къ сожалѣнію, ни семья, ни врачи, пользовавшіе больного, не были въ состояніи понять истинную причину болѣзни. Полагали, что онъ страдаетъ маніей величія! Эта манія состояла будто бы въ болѣзненныхъ фантазіяхъ о какихъ-то важныхъ научныхъ открытіяхъ. Майера помѣстили въ домъ для умалишенныхъ. Авторъ одного изъ величайшихъ открытій XIX столѣтія подвергался лѣченію наравнѣ съ помѣшанными; пріемы лѣченія въ то время были весьма энергичные: холодные души, горячечная рубашка и т. п.

Само собой понятно, что эти средства не достигли желаемой цѣли. Майеръ не хотѣлъ отказаться отъ своего убѣжденія въ дѣйствительности открытаго имъ закона «сохраненія силы». Онъ все болѣе худѣлъ и чувствовалъ себя все хуже. Поэтому рѣшено было возвратить ему свободу.

Между тѣмъ опубликованная Майеромъ теорія стала проникать въ научный міръ; въ то же время стали извѣстны опыты Джауля. Знаменитый физіологъ и физикъ Гельмгольцъ въ 1847 г. точнымъ образомъ формулировалъ законъ «сохраненія силы», придалъ ему математическую форму и на цѣломъ рядѣ примѣровъ показалъ, какъ этотъ законъ примѣняется къ самымъ разнообразнымъ отраслямъ физики. Благодаря этому Майеръ еще при жизни получилъ нравственное удовлетвореніе. На него со всѣхъ сторонъ посыпались почетныя отличія и титулы; Вюртембергское правительство наградило его дворянскимъ званіемъ. Майеръ продолжалъ работать надъ развитіемъ своихъ идей. Онъ дожилъ до 64 лѣтъ, и умеръ въ 1878 г.

Геніальныя разсужденія нѣмецкаго врача и блестящіе опыты англійскаго пивовара положили основаніе чрезвычайно важному принципу, который далъ возможность объединить всѣ отрасли физики вмѣстѣ съ химіей въ одно зданіе. Остается лишь дать

названіе этому общему принципу. Необходимо создать общее имя тому, что можетъ проявляться въ видѣ теплоты и въ видѣ работы, не обнаруживая, однако, исключительно признаковъ той или другой категоріи явленій. Это названіе намъ не вполнѣ чуждо. Я неоднократно его сегодня упоминалъ. Это — энергія.

Послѣ этого общаго описанія вы, мм. гг., вѣроятно потребуете (и вполнѣ справедливо), чтобы я вамъ далъ, наконецъ, краткое опредѣленіе этого понятія, чтобы я въ немногихъ словахъ сказалъ, что же именно называется энергіей.

Но здѣсь я долженъ сознаться въ полной несостоятельности. На вашъ вопросъ я не въ состояніи отвѣтить. Я не могу опредѣлить, что такое энергія, такъ какъ, согласно извѣстнымъ правиламъ логики, опредѣленіе какого-либо понятія состоитъ въ указаніи болѣе общаго понятія и прибавленіи частныхъ признаковъ опредѣляемаго понятія. Но, къ сожалѣнію, у насъ нѣтъ понятія болѣе общаго, чѣмъ понятіе энергіи. По крайней мѣрѣ, въ области точныхъ наукъ.

Мы знаемъ только частные признаки этого понятія, а наиболѣе важнымъ изъ нихъ является тотъ, которымъ мы обязаны изслѣдованіямъ Джауля и Майера: энергія не измѣняется при всякихъ превращеніяхъ, при какихъ бы то ни было явленіяхъ. Никто не въ состояніи создать энергію или уничтожить ее.

Поэтому мы должны ограничиться указаніемъ тѣхъ частныхъ формъ, въ которыхъ энергія можетъ проявляться, описаніемъ тѣхъ видовъ явленій, въ которыхъ мы находимъ превращенія различныхъ видовъ энергіи. Такого рода классификація, введенная еще Майеромъ, впослѣдствіи была усовершенствована Гельмомъ, Оствальдомъ и другими. Познакомившись съ этой классификаціей, мы убѣдимся, что она, дѣйствительно, обнимаетъ всѣ области физики и химіи и даже позволяетъ намъ надѣяться, что съ теченіемъ времени, быть можетъ, удастся подвести сюда и психическую жизнь, міръ нашихъ внутреннихъ переживаній.

Чтобы познакомиться съ разнообразіемъ многочисленныхъ видовъ энергіи, необходимо прежде всего поставить вопросъ, какими явленіями сопровождается затрата работы, и какія явленія происходятъ при полученіи работы. Ибо если, какъ говоритъ

Майеръ, энергія не можетъ быть ни уничтожена, ни создана, то всякій разъ, какъ работа исчезаетъ, появляется иной видъ энергіи, и обратно, — полученіе работы должно сопровождаться затратой какой-либо другой энергіи.

Первымъ видомъ энергіи, превращаемой въ работу, является т. н. кинетическая энергія, или энергія движенія. Извѣстно, что движеніе воды рѣкъ и ручьевъ производитъ работу на водяныхъ мельницахъ; движеніе воздуха превращается въ работу на вѣтряныхъ мельницахъ. Кому незнакомы разрушительныя послѣдствія, которыя можетъ вызвать пуля, пущенная изъ ружья, или ядро изъ пушки? Однимъ словомъ, движеніе можетъ быть источникомъ работы (полезной или вредной).

Бросая ядро вверхъ, мы замѣчаемъ, что скорость его движенія уменьшается по мѣрѣ того, какъ высота возрастаетъ. Слѣдовательно, энергія движенія уменьшается по мѣрѣ увеличенія разстоянія отъ поверхности земли. Но одновременно въ ядрѣ накопляется другой видъ энергіи,— называемый энергіей положенія. Энергія положенія возрастаетъ тѣмъ больше, чѣмъ выше ядро поднимается. Если ядро падаетъ съ достигнутаго уровня, то энергія положенія уменьшается и можетъ быть превращена въ работу, напримѣръ, посредствомъ машины, приводимой въ движеніе тяжестью падающаго груза.

Источникомъ работы можетъ быть не только грузъ, поднятый на высоту. Свернутая пружина, сжатый воздухъ или растянутый резиновый шнуръ также могутъ совершать работу. Но, очевидно, въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло не съ энергіей положенія, но съ новымъ видомъ энергіи. Назовемъ его энергіей формы. Основное свойство этой энергіи состоитъ въ томъ, что всякое «деформированное» тѣло стремится принять первоначальную форму.

Что работа превращается въ теплоту, а теплота въ работу,—это мы сегодня видѣли на многочисленныхъ примѣрахъ. Слѣдовательно, теплота тоже представляетъ особаго рода энергію,— тепловую энергію.

Свѣтъ мы также должны признать извѣстнымъ родомъ энергіи. Ибо свѣтъ, падающій на предметъ, нагрѣваетъ его; обратно, сильнымъ нагрѣваніемъ можно нѣкоторыя тѣла довести до свѣ-

ченія. Примѣромъ можетъ служить накаленная подкова или уголь. Назовемъ свѣтъ лучистой энергіей.

Наконецъ, слѣдуетъ указать, что въ послѣднія десятилѣтія въ промышленности начали примѣнять новый видъ энергіи, въ качествѣ источника работы, теплоты и свѣта. Это—электрическая энергія, которая, правда, недоступна непосредственно человѣческимъ чувствамъ, но хорошо знакома намъ по своимъ повседневнымъ примѣненіямъ. Въ электрическомъ трамваѣ эта энергія превращается въ движеніе. Фабричные двигатели превращаютъ ее въ работу. Электрическія лампы,—маленькія калильныя или большія дуговыя,—даютъ на счетъ этой энергіи свѣтъ. Кромѣ того, въ домашній обиходъ уже начинаютъ входить маленькія электрическія печи, въ которыхъ теплота получается не путемъ горѣнія газа, но за счетъ электрической энергіи. Въ этихъ печахъ, которыя обходятся, правда, довольно дорого, электрическая энергія превращается прямо въ теплоту.

Откуда же происходитъ эта электрическая энергія, которую при помощи проволокъ можно передавать на значительныя разстоянія? Если мы отправимся на центральную станцію, громадную трубу которой мы видимъ изъ оконъ нашего зданія, то мы увидимъ тамъ большія катушки изъ свернутыхъ проволокъ, приводимыя въ вращательное движеніе паровыми машинами. Вслѣдствіе движенія въ этихъ катушкахъ возникаютъ магнитныя силы. Отъ превращенія этой магнитной энергіи образуются электрическіе токи, которые по проволокамъ передаются на разстояніе.

Теперь мы уже въ состояніи отвѣтить на вопросъ, завѣщанный потомству геніальнымъ Лавуазье. Откуда происходитъ теплота горѣнія, изъ чего, вообще, образуется теплота, выдѣляемая обыкновенно при химическихъ явленіяхъ? Эта теплота должна имѣть своимъ источникомъ нѣкоторую энергію, какой-то невидимый родъ энергіи. Всякое горючее тѣло должно обладать опредѣленнымъ количествомъ этой энергіи, но обладаетъ ею лишь до тѣхъ поръ, пока не соединится съ кислородомъ. При процессѣ соединенія эта энергія превращается въ теплоту. Этотъ особый видъ энергіи мы назовемъ химической энергіей, ибо при химическихъ явленіяхъ она превращается въ другія видимыя формы энергіи: въ движеніе, теплоту, свѣтъ, электричество.

Итакъ, мы можемъ утверждать, что всѣ явленія,—физиче-

скія, равно какъ и химическія, въ мертвой, равно какъ и въ живой природѣ, — представляютъ лишь превращенія энергіи, переходъ энергіи изъ одного вида въ другой или измѣненіе ея напряженія. Все, что мы знаемъ объ окружающемъ насъ мірѣ, мы ощущаемъ лишь вслѣдствіе разностей между напряженіемъ энергіи окружающаго насъ міра и напряженіемъ энергіи нашего собственнаго организма.

Какъ же обстоитъ дѣло въ другомъ мірѣ явленій, въ области психическихъ явленій, изъ которыхъ складывается наше сознаніе? Сознаюсь, что на этотъ вопросъ я не могу дать отвѣта.

Припомнимъ еще разъ приведенный Майеромъ примѣръ превращенія энергіи въ человѣкѣ. Поднимаясь на гору, человѣкъ совершаетъ работу. Эта работа дѣлается на счетъ химической энергіи, заключенной въ веществахъ человѣческаго организма, съ одной стороны, и на счетъ химической энергіи кислорода воздуха — съ другой. Однимъ словомъ, работа совершается на счетъ энергіи, выдѣляемой при явленіяхъ медленнаго сгоранія нашего организма.

Что же происходитъ, когда тотъ же человѣкъ вмѣсто механической работы совершаетъ психическую работу, напримѣръ, когда онъ поглощенъ въ глубокое размышленіе, или когда онъ испытываетъ сильныя ощущенія, радость, или горе, или страхъ? Совершаются ли психическія явленія на счетъ той же энергіи горѣнія? Или послѣдней хватаетъ лишь на покрытіе матеріальныхъ убытковъ, причиненныхъ тратой веществъ мозга и нервовъ?

Я лично склоняюсь въ сторону перваго предположенія, позволяющаго намъ охватить одной системой — энергетической — міръ физическій и міръ психическій. Я предполагаю, что и явленія, которыя мы относимъ къ душевной жизни, суть только проявленія особаго вида энергіи, — психической энергіи.

Однако, я только естествоиспытатель, а не философъ. Поэтому я сегодня разстаюсь съ вами, оставляя вопросъ открытымъ. Это будетъ для насъ доказательствомъ, что книга энергетики въ настоящее время еще не закрыта, что въ ученіи объ энергіи существуютъ еще неразрѣшенные вопросы, ожидающіе точныхъ теоретическихъ и опытныхъ изслѣдованій.

Различные виды энергіи.

Механическая энергія: { энергія положенія, энергія движенія, энергія формы.

Тепловая энергія.
Лучистая энергія.
Электрическая энергія.
Магнитная энергія.
Химическая энергія.
Духовная энергія.

ИСТОЧНИКИ.

J. R. Mayer. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur; Lieb. Ann. T. 42 (1842).

J. R. Mayer. Wissenschaftliche Abhandlungen. Stuttgart, 1889.

H. Helmholtz. Über die Erhaltung der Kraft. Ostwalds Klassiker. Leipzig, 1889.

H. Helmholz. Vorträge und Reden. T. 1. Braunschweig, 1884.

J. P. Joule. Obituary notice. Journ. Chem. Soc. London. T. 57. 1890.

E. Dühring. Robert Mayer, der Galilei des XIX Jahrhunderts. Leipzig, 1904.

J. Tyndall. Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. Braunschweig, 1871.

E. Mach. Principien der Wärmelehre. Leipzig, 1896.

E. Mach. Populärwissenschaftliche Vorlesungen. Leipzig, 1896.

W. Ostwald. Elektrochemie. Leipzig, 1896.

W. Ostwald. Die Energie und ihre Wandlungen. Leipzig, 1888.

W. Ostwald. Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig, 1895.

W. Ostwald. Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, 1902.

W. Ostwald. Die Energie. Leipzig, 1908.

ЛЕКЦІЯ VII.

Міръ атомовъ.

Содержаніе: Три ступени въ исторіи развитія наукъ. — Періодъ наблюденій. — Описательная наука. — Раціональная наука. — Какъ открываются законы природы? — Примѣры изъ исторіи химіи. — Анализъ въ наукѣ. — Способъ изложенія законовъ природы. — Что такое законы природы? — Принципъ экономіи въ наукахъ. — Законы и гипотезы. — Основной вопросъ атомистической гипотезы. — Однородныя и неоднородныя тѣла. — Смѣющійся философъ. — Что такое атомъ? — Недѣлимы ли атомы? — Сущность атомовъ. — Атомы и модели. — Расширеніе. — Раствореніе. — Химическія соединенія. — Атомы и молекулы. — Физика и химія. — Дальнѣйшія заключенія. — Веньяминъ Рихтеръ. — Людовикъ Пру. — Джонъ Дальтонъ. — Атомные вѣса. — Абсолютная величина молекулъ.

Мм. Гг.

Изучая исторію химіи, мы до сихъ поръ познакомились съ тремя ступенями ея развитія. На первой ступени эта наука довольствуется собираніемъ фактовъ: ея представители дѣлаютъ наблюденія и записываютъ результаты. Это—періодъ наблюденія. Въ этой стадіи находилась химія у древнихъ народовъ; на той же ступени развитія осталась алхимія и ятрохимія.

Введеніе понятія флогистона въ нашу науку подвинуло ее на одну ступень выше. Химія вступила въ періодъ систематики. Здѣсь мы впервые встрѣчаемъ удачныя попытки систематизаціи накопленныхъ свѣдѣній. Въ этотъ періодъ химики старались создать систему химическихъ тѣлъ, основанную на ихъ происхожденіи. Новая теорія горѣнія, созданная Лавуазье, ставила себѣ цѣлью главнымъ образомъ усовершенствовать химическую систематику, т. е. дѣленіе на классы всѣхъ тѣлъ, получаемыхъ изъ минеральнаго, растительнаго и животнаго міра.

Но вмѣстѣ съ тѣмъ въ химіи произошелъ серьезный переворотъ, и эта наука вступила на третью ступень развитія: изъ описательной науки химія превратилась въ раціональную. Чѣмъ былъ вызванъ такой переворотъ? Онъ совершился благодаря открытію общихъ законовъ природы, на основаніи которыхъ можно было установить взаимную зависимость между явленіями.

До сихъ поръ мы познакомились съ двумя самыми общими законами, управляющими совокупностью явленій во вселенной. Это —законъ сохраненія «вещества» и законъ сохраненія «энергіи». Въ предыдущихъ лекціяхъ мы познакомились съ тѣми путями, которые привели къ открытію обоихъ законовъ. Мы разсмотрѣли разнообразныя слѣдствія, вытекающія изъ этихъ законовъ. Исходя отсюда, мы намѣтили въ общихъ чертахъ міровоззрѣніе, позволяющее объединить въ одно гармоническое цѣлое всѣ физическія и химическія явленія.

Умѣстно поэтому разсмотрѣть теперь основной вопросъ: что такое законы природы? Какъ ихъ открываютъ? Какую пользу приносятъ они наукѣ?

Творческая научная работа безъ сомнѣнія чрезвычайно разнообразна, столь же разнообразна, какъ и научные вопросы. Разнообразны также пути, ведущіе къ разрѣшенію этихъ вопросовъ, какъ и умы, посвящающіе себя этой задачѣ. Въ виду этого не можетъ быть и рѣчи о какомъ-нибудь общемъ рецептѣ, о какомъ-либо универсальномъ способѣ, при помощи котораго можно было бы дѣлать открытія. Однако, можно указать нѣкоторые общіе признаки, характеризующіе работу изобрѣтателя, которая—скажемъ мимоходомъ—имѣетъ много общаго съ творческой работой художника.

Нелегкую задачу пришлось рѣшить химіи въ концѣ XVIII вѣка. Требовалось расчленить химическое явленіе, разложить его на такія составныя части, которыя можно измѣрять порознь. Благодаря расцвѣту механики, масса оказалась факторомъ, который удовлетворялъ этому требованію. Изслѣдователи измѣряли массы и вѣса химическихъ элементовъ, измѣряли вѣса ихъ соединеній, сравнивали первые съ вторыми, а также сумму вѣсовъ элементовъ съ вѣсомъ получаемаго соединенія. Такимъ образомъ былъ раскрытъ законъ сохраненія массы, а также нѣкоторые другіе основные законы, опредѣляющіе количественное от-

ношеніе двухъ элементовъ, вступающихъ въ соединеніе. Съ этими законами, не менѣе важными для науки, чѣмъ законъ сохраненія массы, мы вскорѣ познакомимся ближе.

Больше чѣмъ черезъ полвѣка наука сдѣлала слѣдующій шагъ по пути анализа химическихъ явленій. Другою важною стороною химическихъ явленій, подлежащею измѣренію наравнѣ съ массой, была признана энергія. Химическая энергія заключается въ каждомъ химическомъ элементѣ и въ каждомъ соединеніи. При соединеніи между собою двухъ тѣлъ, или при самопроизвольномъ разложеніи непрочныхъ соединеній на составныя части, или, наконецъ, при двойномъ замѣщеніи двухъ тѣлъ, — при всѣхъ этихъ химическихъ явленіяхъ химическая энергія обнаруживается обыкновенно въ видѣ теплоты и можетъ быть точно вычислена по повышенію (рѣже пониженію) окружающей температуры. Измѣренія этой энергіи показали, что она, подобно массѣ, подчиняется закону неизмѣняемости.

Прошло еще почти полвѣка, и на сцену выступила новая сторона химическихъ явленій: изслѣдователи начали измѣрять продолжительность химическихъ реакцій. Въ одной изъ нашихъ бесѣдъ намъ придется подробнѣе изучить значеніе этого фактора. Теперь же мы удовлетворимся замѣчаніемъ, что и въ этомъ случаѣ точные количественные опыты позволили открыть новые и важные законы природы, которые въ свою очередь пролили новый свѣтъ на общій характеръ химическихъ явленій.

Для насъ важно установить, что всякое научное изслѣдованіе состоитъ прежде всего, въ расчлененіи изслѣдуемыхъ явленій на ихъ составныя части или отдѣльные факторы, совмѣстное дѣйствіе которыхъ вызываетъ данное явленіе. Эти отдѣльные факторы подлежатъ измѣренію посредствомъ соотвѣтственныхъ приборовъ. Мѣняя произвольно величину каждаго изъ этихъ факторовъ въ отдѣльности, мы можемъ изучить его вліяніе на явленіе въ цѣломъ.

Такимъ образомъ часто оказывается возможнымъ установить точную зависимость между отдѣльными факторами. Эта зависимость обыкновенно выражается точнымъ образомъ посредствомъ уравненій.

Мы встрѣчали уже нѣсколько примѣровъ такихъ уравненій.

— Масса соединенія равна суммѣ массъ элементовъ, — гласитъ законъ, открытый Лавуазье.

— Теплота прямо пропорціональна затраченной работѣ — гласитъ законъ Джауля и Майера.

Изъ сказаннаго очевидно, что законы природы не являются предписаніями, навязанными природѣ извнѣ, какъ многіе полагаютъ.

Природа не знаетъ законовъ. Въ безконечномъ разнообразіи времени и пространства, въ безпрерывномъ теченіи явленій, не имѣющихъ ни начала, ни конца, природа навязываетъ намъ все новыя наблюденія,—безконечно длинный рядъ отдѣльныхъ фактовъ и случаевъ, никогда не повторяющихся. По отношенію къ этой пестрой игрѣ явленій изслѣдователь является какъ бы библіотекаремъ, задача котораго—привести факты въ порядокъ и размѣстить ихъ по каталогамъ.

Онъ-то именно и вводитъ въ природу свои законы. Человѣческій умъ не въ состояніи обнять большого количества отдѣльныхъ фактовъ. Тотъ же принципъ, который господствуетъ въ области политической экономіи,—принципъ, состоящій въ полученіи возможно большаго количества благъ съ наименьшей затратой труда,—господствуетъ и въ области науки. Дѣйствительно, во всѣхъ отрасляхъ знанія мы стремимся къ тому, чтобы съ наименьшей затратой умственнаго труда обнять возможно больше явленій природы. Для этой именно цѣли служатъ законы природы, и такова ихъ хозяйственная роль.

Къ сожалѣнію, число извѣстныхъ намъ точныхъ законовъ природы не всегда бываетъ достаточнымъ, чтобы съ ихъ помощью можно было охватить дѣйствительность. Поэтому науки должны прибѣгать еще къ одному вспомогательному средству. Послѣднее хотя и не такъ точно, какъ законы природы, но все же позволяетъ приблизительно достигнуть той же цѣли. Этимъ вспомогательнымъ орудіемъ науки являются гипотезы. Такъ называются предположенія недоказанныя и обыкновенно не поддающіяся доказательству; они допустимы въ наукѣ, такъ какъ облегчаютъ собираніе фактовъ и помогаютъ выяснить связь между явленіями. Съ одной такой гипотезой мы сейчасъ познакомимся. Она является наиболѣе важной изъ всѣхъ гипотезъ,

когда-либо созданныхъ физикой и химіей. Это—атомистическая гипотеза.

Основной вопросъ, который лежитъ въ основаніи этой гипотезы, можно выразить слѣдующимъ образомъ:

— Составляетъ ли матерія различныхъ тѣлъ (дерева, воды, воздуха, камней и проч.) одну непрерывную массу, или же, наоборотъ, она построена изъ множества кусковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга пустыми промежутками?

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ отвѣтъ на этотъ вопросъ столь очевиденъ, что, повидимому, не можетъ вызывать никакихъ сомнѣній. Разсмотримъ, напримѣръ, разрѣзъ дерева подъ микроскопомъ. Изображеніе тонкаго слоя, увеличенное въ нѣсколько сотъ разъ, убѣждаетъ насъ, что дерево состоитъ изъ частей, которыя мы ясно можемъ различить. Мы различаемъ въ этомъ разрѣзѣ отдѣльные пучки сосудовъ, изъ которыхъ построенъ стволъ всякаго дерева.

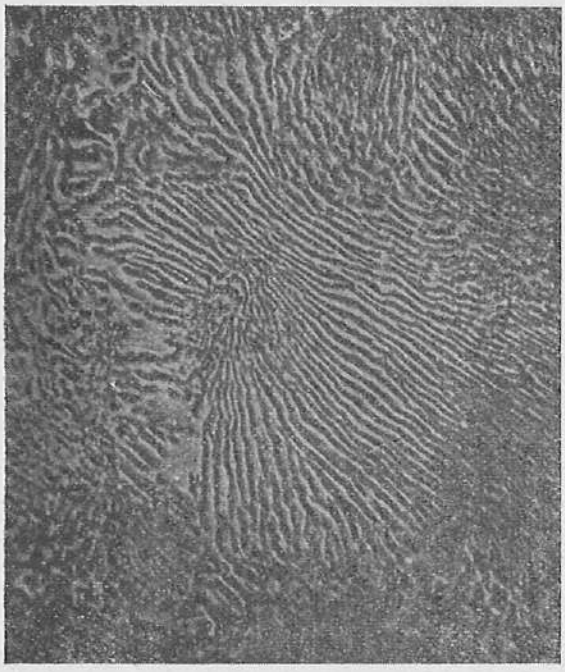


Рис. 49. Разрѣзъ стали.

Разсматривая подъ микроскопомъ кусокъ отшлифованнаго камня, мы тоже замѣтимъ отдѣльные куски, спаянные стекловидной массой.

Такую же картину представляютъ и металлы. Разрѣзъ куска литой стали, тщательно отшлифованный и предварительно подвергнутый дѣйствію нѣкоторыхъ реагентовъ, позволяетъ различить подъ микроскопомъ отдѣльные кристаллики, изъ которыхъ состоитъ всякій отлитый изъ желѣза предметъ, кажущійся намъ однороднымъ.

Всѣ эти тѣла, подобныя скопленію зеренъ песка, называются неоднородными, такъ какъ они состоятъ изъ отдѣль-

ныхъ кусковъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ или подъ микроскопомъ.

Но кромѣ тѣлъ этого рода, природа изобилуетъ другими, въ которыхъ мы не въ состояніи различить отдѣльныхъ составныхъ частей. Въ каплѣ воды, совершенно прозрачной и лишенной пыли и бактерій, мы не различаемъ отдѣльныхъ частицъ даже при самомъ сильномъ увеличеніи. Точно также мы не въ состояніи различить въ чистомъ кристаллѣ каменной соли отдѣльныхъ кирпичиковъ, изъ которыхъ построенъ этотъ кристаллъ. Такого рода тѣла называются однородными. Одного существованія однородныхъ тѣлъ, казалось бы, достаточно, чтобы дать отвѣтъ на поставленный выше вопросъ. Казалось бы, что извѣстные виды матеріи, а именно всѣ однородныя тѣла, представляютъ собою сплошную, непрерывную массу, въ которой нѣтъ отдѣльныхъ промежутковъ или отверстій.

Тѣмъ не менѣе наука о природѣ на первой ступени своего развитія, съ которой мы познакомились въ философскихъ системахъ древнихъ грековъ, принуждена была принять иной взглядъ на строеніе вещества. Греческій философъ Демокритъ (470 — 360 г. до Р. Х.), прозванный смѣющимся философомъ, впервые высказалъ предположеніе, что всѣ тѣла — однородныя и неоднородныя — построены изъ отдѣльныхъ кусочковъ, между которыми находятся промежутки. Но эти кусочки такъ малы, что мы не можемъ и, вѣроятно, никогда не будемъ въ состояніи увидѣть ихъ и подвергнуть изслѣдованію.

Эти маленькія — хотя отнюдь не безконечно малыя — частички, составляющія какъ бы кирпичики, изъ которыхъ построена матерія, Демокритъ назвалъ «атомами»; поэтому гипотеза, основанная на существованіи этихъ частицъ и разсматривающая ихъ свойства, называется «атомистической гипотезой».

Названіе «атомъ» происходитъ отъ греческаго слова ἄτομος, которое означаетъ «недѣлимый». Дѣйствительно, въ учебникахъ физики и химіи часто встрѣчается утвержденіе, что «атомы представляютъ собою послѣднія, недѣлимыя составныя части вещества». Но это утвержденіе, или вѣрнѣе предположеніе, о недѣлимости атомовъ не является ни необходимымъ, ни существеннымъ. Ибо мысленно мы можемъ всякое, даже самое маленькое

тѣло дѣлить безъ конца до тѣхъ поръ, пока намъ будетъ угодно. Что же касается практическаго исполненія этой операціи, то предѣлъ дѣлимости зависитъ отъ состоянія техники. Но такъ какъ развитіе техники безостановочно подвигается впередъ, то невозможно предвидѣть предѣлъ фактической дѣлимости и заранѣе признать проблему дѣлимости атомовъ неразрѣшимой.

Однимъ словомъ, нѣтъ никакихъ основаній считать атомы недѣлимыми. А электрическія явленія въ физикѣ и извѣстныя явленія радіоактивности въ химіи—съ ними мы познакомимся въ послѣдней лекціи—дѣлаютъ вѣроятнымъ существованіе частицъ значительно меньшихъ размѣровъ, чѣмъ атомы. Это—электроны, масса которыхъ въ 1000 разъ меньше массы наименьшаго изъ извѣстныхъ намъ атомовъ.

Такимъ образомъ, существенный признакъ атомовъ заключается не въ ихъ недѣлимости, но въ индивидуальномъ существованіи. Рѣшающимъ моментомъ въ данномъ случаѣ является предположеніе, что всякое вещество построено изъ отдѣльныхъ частицъ.

Но здѣсь сейчасъ возникаетъ вопросъ: какую пользу можетъ принести намъ подобное предположеніе, котораго нельзя доказать опытомъ,—предположеніе, переносящее насъ сразу изъ реальной области фактовъ въ царство фантазіи и догадокъ.

Какова эта польза, мы вскорѣ узнаемъ. Мы убѣдимся, что предположеніе о существованіи атомовъ даетъ намъ въ руки модель, съ помощью которой мы можемъ мысленно воспроизводить явленія природы.

Обратимся къ конкретнымъ примѣрамъ.

Всѣмъ, вѣроятно, извѣстно, что большинство тѣлъ расширяется при нагрѣваніи и, обратно, сокращается при охлажденіи и сжиманіи. Если признать за истину, что эти тѣла состоятъ изъ сплошныхъ кусковъ вещества, то намъ придется заключить отсюда, что объемъ тѣлъ долженъ быть неизмѣннымъ, какъ ихъ масса. Явленія расширенія и сжатія, т. е. измѣненія объема, занимаемаго веществомъ, было бы тогда трудно понять, а еще труднѣе конкретно себѣ представить. Совершенно въ другомъ свѣтѣ представляются эти явленія, если предположимъ, что матерія построена изъ атомовъ. Объемъ атомовъ можетъ быть неизмѣняемъ, какъ ихъ масса. Но промежутки между атомами, пустыя

пространства, отдѣляющія одинъ атомъ отъ другого, могутъ измѣнять свой объемъ въ зависимости отъ давленія или температуры. Это нетрудно представить себѣ.

Другой примѣръ. Всѣмъ извѣстно, что сахаръ растворяется въ водѣ. Не одинъ изъ насъ, вѣроятно, иногда за чаемъ задумывался надъ этимъ страннымъ явленіемъ. Сахаръ исчезаетъ. Что же съ нимъ происходитъ? При помощи атомистической гипотезы мы легко можемъ отвѣтить на этотъ вопросъ. Частички сахара размѣщаются между частицами воды, которыя раздвигаются, чтобы дать имъ мѣсто.

Подобнымъ же образомъ атомистическая гипотеза даетъ намъ картину химическаго соединенія. Вода есть соединеніе водорода съ кислородомъ. Какъ намъ представить себѣ наглядно процессъ соединенія этихъ двухъ элементовъ? При помощи атомовъ это очень легко сдѣлать. Именно, атомъ кислорода привлекаетъ къ себѣ одинъ или нѣсколько атомовъ водорода, и такимъ образомъ образуются группы атомовъ наподобіе кадрильныхъ фигуръ. Эти скопленія отдѣльныхъ атомовъ составляютъ первичные кирпичики, изъ которыхъ построено вещество воды.

Приведенные примѣры показываютъ намъ, что предположеніе о существованіи атомовъ, не поддающееся, правда, опытному доказательству, все же позволяетъ намъ вывести заключенія, которыя довольно хорошо согласуются съ дѣйствительностью. Слѣдовательно, это предположеніе даетъ намъ довольно удобное средство, при помощи котораго мы можемъ мысленно воспроизводить дѣйствительность.

Далѣе, мы пришли къ заключенію, что отдѣльные атомы могутъ соединяться между собою, образуя скопленія. Такія группы, состоящія изъ двухъ, трехъ, четырехъ или бо́льшаго числа атомовъ, называются молекулами или частицами.

Въ нѣкоторыхъ учебникахъ физика опредѣляется, какъ наука о молекулахъ, въ отличіе отъ химіи, какъ науки объ атомахъ. Право, трудно придумать менѣе удачное опредѣленіе! Физика и химія—опытныя науки. Онѣ занимаются изученіемъ дѣйствительности, тѣми предметами и явленіями, которые доступны наблюденію при помощи нашихъ внѣшнихъ чувствъ. Но атомы и молекулы не являются реальными предметами, а соста-

вляютъ лишь плодъ нашего воображенія, дѣтище нашей фантазіи*). Опредѣлять физику, какъ науку о молекулахъ, или химію, какъ науку объ атомахъ, значитъ низвергать эти науки съ высокаго пьедестала дѣйствительности въ область фантазіи, забывая объ истинномъ значеніи науки. Атомы и молекулы — это лишь средства, созданныя единственно для того, чтобы мысленно воспроизводить природу, но они отнюдь не цѣль науки. Задача науки состоитъ и будетъ состоять въ изученіи дѣйствительной природы; наука стремится открывать факты и понять дѣйствительную зависимость между отдѣльными явленіями.

Мы только-что познакомились съ двумя принципами, на которыхъ основана вся атомистическая гипотеза.

— Матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ. Это—атомы.

— Атомы образуютъ группы, называемыя молекулами или частицами.

Изъ этихъ двухъ предположеній мы вывели нѣкоторыя заключенія. Провѣряя ихъ опытомъ, мы установили ихъ полное соотвѣтствіе съ дѣйствительностью. Теперь постараемся вывести изъ атомистической гипотезы дальнѣйшія слѣдствія и сравнить ихъ съ законами, открытыми опытнымъ путемъ.

Такими законами являются три основныхъ закона стехіометріи, открытые еще на склонѣ XVIII столѣтія, вскорѣ послѣ того, какъ безсмертный Лавуазье установилъ законъ сохраненія массы.

Эти три закона были открыты Іереміей Веньяминомъ Рихтеромъ (1762 — 1807), химикомъ на фарфоровомъ заводѣ въ Берлинѣ, и французомъ Іосифомъ Людовикомъ Пру (1755 — 1826), который раньше управлялъ аптекой въ Парижѣ, а затѣмъ былъ профессоромъ въ Испаніи.

Постараемся сначала познакомиться съ фактическимъ содержаніемъ этихъ трехъ стехіометрическихъ законовъ, а потомъ разсмотримъ ихъ зависимость отъ атомистической гипотезы.

Первый законъ гласитъ: два тѣла соединяются другъ съ другомъ въ опредѣленномъ вѣсовомъ отношеніи.

---

*) Какъ мы увидимъ ниже, въ послѣднее время наука склоняется къ другому взгляду.

Водородъ соединяется съ кислородомъ, и въ результатѣ этого соединенія получается вода. Водородъ съ кислородомъ соединяется при этомъ такимъ образомъ, что на одну часть водорода приходится восемь частей кислорода. Если мы возьмемъ больше кислорода, то излишекъ этого газа по окончаніи горѣнія останется въ неизмѣнномъ видѣ. Если же возьмемъ менѣе, чѣмъ 8 частей кислорода, то послѣ горѣнія окажется остатокъ водорода.

То же самое относится и къ остальнымъ элементамъ и соединеніямъ. Отношеніе элементовъ въ какомъ-либо соединеніи всегда одинаково. Напримѣръ, отношеніе водорода къ кислороду въ водѣ, какъ я только что указалъ, всегда равно 1 : 8; отношеніе водорода къ хлору въ соляной кислотѣ всегда равно 1 : 35, 5; отношеніе водорода къ азоту въ амміакѣ равно 1 : 4,66 и т. д., независимо отъ способа полученія воды, соляной кислоты и амміака.

Гораздо болѣе труднымъ представляется второй законъ; въ своей общей, математической формѣ онъ гласитъ:

Два элемента A и B соединяются порознь съ третьимъ элементомъ C, образуя соединенія AC и BC. Въ соединеніи AC приходится m вѣсовыхъ частей элемента A на одну часть C, а въ соединеніи BC на одну часть C приходится n частей элемента B. Тогда можно утверждать, что въ соединеніяхъ тѣхъ же двухъ элементовъ A и B съ какимъ-либо другимъ элементомъ X числа, выражающія вѣсовыя отношенія A къ X и B къ X, тоже должны относиться другъ къ другу, какъ m къ n.

Въ такомъ общемъ видѣ трудно дать себѣ ясный отчетъ въ содержаніи этого закона. Возьмемъ на помощь конкретный примѣръ.

Хлоръ, бромъ и іодъ представляютъ собою три родственныхъ элемента. Они входятъ въ составъ многихъ солей, между прочимъ и обыкновенной повареной соли. Въ виду сходства этихъ элементовъ ихъ причисляютъ къ одному классу галоидовъ. Эти три галоида соединяются съ водородомъ и при этомъ образуютъ три весьма важныя кислоты: хлористоводородную, бромистоводородную и іодистоводородную.

Въ этихъ трехъ кислотахъ отношеніе между галоидомъ и водородомъ слѣдующее:

а) въ хлористоводородной кислотѣ на 1 часть водорода приходится 35,45 частей хлора;

b) въ бромистоводородной кислотѣ на 1 часть водорода приходится 79,96 частей брома;

c) въ іодистоводородной кислотѣ на 1 часть водорода приходится 126,85 частей іода.

Эти же три элемента легко соединяются съ металлами, въ особенности съ каліемъ и натріемъ, образуя соотвѣтственныя соли. Отношеніе галоидовъ къ металламъ въ этихъ соляхъ, какъ показали весьма тщательные химическіе анализы, выражается слѣдующими числами.

a_1) въ хлористомъ каліи на 1 ч. калія приходится 0,9055 ч. хлора,
b_1) въ бромистомъ » » » » 2,042 ч. брома,
c_1) въ іодистомъ » » » » 3,240 ч. іода;

а въ натріевыхъ соляхъ:

a_2) въ хлористомъ натріи на 1 ч. натрія приходится 1,538 ч. хлора,
b_2) въ бромистомъ » » » » 3,469 ч. брома,
c_2) въ іодистомъ » » » » 5,503 ч. іода.

Какъ видимъ, вѣса соединеній галоидовъ съ металлами образуютъ довольно пестрый рядъ чиселъ. Но простое вычисленіе убѣждаетъ насъ, что отношенія такъ называемыхъ пайныхъ вѣсовъ трехъ галоидовъ во всѣхъ трехъ случаяхъ одинаковы, а именно:

$$0{,}9055 : 2{,}042 : 3{,}240 = 35{,}45 : 79{,}96 : 126{,}85;$$
$$1{,}538 : 3{,}469 : 5{,}503 = 35{,}45 : 79{,}96 : 126{,}85.$$

Дѣйствительно, если помножимъ числа второго ряда на 39,15, а числа третьяго ряда на 23,05, то получимъ тѣ же вѣса галоидовъ, какъ и въ водородныхъ соединеніяхъ.

a_1') въ хлористомъ каліи на 39,15 ч. калія приходится 35,45 ч. хлора
b_1') въ бромистомъ » » » » 79,96 » брома
c_1') въ іодистомъ » » » » 126,85 » іода.

Точно такъ же и въ натріевыхъ соединеніяхъ:

a_2') въ хлористомъ натріи на 23,05 ч. натрія приходится 35,45 ч. хлора
b_2') въ бромистомъ » » » » 79,96 » брома
c_2') въ іодистомъ » » » » 126,85 » іода.

Итакъ, если вычислимъ вѣсовыя отношенія галоидовъ къ калію, считая на 39,15 вѣсовыхъ частей этого элемента, и вѣсовыя отношенія галоидовъ къ натрію, считая на 23,05 вѣсовыхъ

частей натрія, то получимъ тѣ же числа, что и въ соединеніяхъ съ водородомъ: 35,45 ч. хлора, 79,96 ч. брома и 126,85 ч. іода.

Подобнымъ же образомъ мы можемъ для всѣхъ элементовъ опредѣлить извѣстныя постоянныя числа, которыя называются пайными вѣсами или эквивалентами.

Обратимся, наконецъ, къ третьему основному закону. На первый взглядъ кажется, что этотъ законъ противорѣчитъ двумъ предыдущимъ законамъ. Но въ данномъ случаѣ оказывается, что исключенія подтверждаютъ правило. Изслѣдованія ученыхъ доказали, что нѣкоторые элементы соединяются между собою не въ одномъ только отношеніи, но часто въ двухъ, трехъ опредѣленныхъ отношеніяхъ и даже болѣе. Англійскій химикъ Дальтонъ, о которомъ мы сейчасъ будемъ говорить подробнѣе, доказалъ, напримѣръ, что кислородъ и азотъ образуютъ пять различныхъ соединеній неодинаковаго состава, а именно: закись азота, окись азота, азотистый ангидридъ, азотноватый ангидридъ и азотный ангидридъ. Составъ этихъ соединеній слѣдующій:

a) въ закиси азота	на 1 ч. азота	приходится	0,571	ч.	кисл.
b) въ окиси »	»	»	1,143	»	»
c) въ азотистомъ ангидридѣ	»	»	1,714	»	»
d) въ азотноватомъ ангидридѣ	»	»	2,286	»	»
e) въ азотномъ »	»	»	2,857	»	»

Существованіе этихъ различныхъ соединеній азота съ кислородомъ, казалось бы, противорѣчитъ первому закону, а именно, закону постоянства отношеній. Въ дѣйствительности же это не такъ. Нужно лишь расширитъ этотъ законъ слѣдующимъ образомъ: два элемента могутъ соединяться въ нѣсколькихъ отношеніяхъ, но эти отношенія должны быть строго опредѣленныя, какъ мы видѣли въ соединеніяхъ азота съ кислородомъ.

Далѣе, эти же соединенія обнаруживаютъ чрезвычайно интересную правильность. Отношеніе вѣсовъ кислорода въ упомянутыхъ пяти соединеніяхъ равно отношенію простыхъ чиселъ:

$$0{,}571 : 1{,}143 : 1{,}714 : 2{,}286 : 2{,}857 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5.$$

Этотъ результатъ имѣетъ общее значеніе.

Всякій разъ, когда тѣло A соединяется съ тѣломъ B въ нѣсколькихъ опредѣленныхъ отношеніяхъ, вѣса

тѣла A, приходящіеся на одинаковое количество тѣла B, находятся въ отношеніи простыхъ цѣлыхъ чиселъ.

Въ данномъ случаѣ это отношеніе весьма простое: 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

Этотъ третій законъ былъ установленъ полностью лишь въ 1808 г. Дальтономъ, и носитъ названіе закона Дальтона или, точнѣе, закона кратныхъ отношеній.

Джонъ Дальтонъ (1766—1844) былъ сыномъ бѣднаго англійскаго ткача. Рожденный и воспитанный въ большой нуждѣ, онъ уже на тринадцатомъ году своей жизни зарабатывалъ свой хлѣбъ уроками. Впослѣдствіи онъ сталъ профессоромъ въ Манчестерскомъ университетѣ (college). Здѣсь братья Джауль, какъ я уже упомянулъ раньше, совершили подъ руководствомъ Дальтона свои первые шаги на научномъ поприщѣ.



Рис. 50. Джонъ Дальтонъ (1766—1844).

Дальтонъ первый извлекъ изъ забвенія Демокритовы атомы и постарался примѣнить ихъ къ объясненію химическихъ явленій и законовъ. Дальтону нетрудно было убѣдиться, что съ помощью атомистической гипотезы можно яснымъ и весьма наглядным образомъ представить основные законы химіи, которые въ своей точной математической формѣ нелегко поддаются пониманію.

Если предположимъ, согласно атомистической гипотезѣ, что химическое соединеніе двухъ тѣлъ состоитъ въ соединеніи атомовъ одного изъ нихъ съ атомами другого, то очевидно, что соединеніе должно происходить въ постоянномъ отношеніи, а именно, въ отношеніи атомныхъ вѣсовъ.

Слѣдовательно, если одинъ атомъ тѣла A соединяется съ однимъ лишь атомомъ тѣла B, то отношеніе ихъ пайныхъ вѣсовъ должно быть равно отношенію вѣса атома A къ вѣсу атома B.

Если же, кромѣ того, два атома А соединяются съ однимъ атомомъ В, то, очевидно, отношеніе вѣсовъ во второмъ соединеніи должно быть вдвое больше; если, кромѣ того, три атома А соединяются въ однимъ атомомъ В, то отношеніе вѣсовъ должно быть втрое больше и т. д. Такимъ образомъ становится яснымъ содержаніе закона постоянства отношеній, равно какъ и закона кратныхъ отношеній.

Но и второй законъ стехіометріи весьма просто объясняется при помощи атомистической гипотезы. Дѣйствительно, согласно этой гипотезѣ, пайные вѣса элементовъ выражаются числами, прямо пропорціональными вѣсамъ отдѣльныхъ атомовъ этихъ же элементовъ. Поэтому неудивительно, что эти числа должны быть одинаковы при всякихъ условіяхъ, какія бы комбинаціи мы ни разсматривали. Слѣдовательно, допуская существованіе атомовъ, мы приходимъ къ слѣдующему общему заключенію:

Если два тѣла А и В соединяются между собою, то соединеніе происходитъ такимъ образомъ, что одинъ, два, три или же большее число атомовъ тѣла А соединяются съ однимъ, двумя, тремя или бо́льшимъ числомъ атомовъ тѣла В. Поэтому пайные вѣса обоихъ тѣлъ должны находиться въ такомъ отношеніи, въ какомъ находятся вѣса ихъ атомовъ или ихъ простыя кратныя.

Вотъ почему химики называютъ пайные вѣса элементовъ атомными вѣсами.

Атомные вѣса элементовъ:

(1911 г.)

O = 16

Азотъ	N	14,01	Водородъ	H	1,008
Алюминій	Al	27,1	Вольфрамъ	W	184,0
Аргонъ	Ar	39,88	Гадолиній	Gd	157,3
Барій	Ba	137,37	Галлій	Ga	69,9
Бериллій	Be	9,1	Гелій	He	3,99
Боръ	B	11,0	Германій	Ge	72,5
Бромъ	Br	79,92	Дисброзій	Dy	162,5
Ванадій	V	51,06	Европій	Eu	152,0
Висмутъ	Bi	208,0	Желѣзо	Fe	55,85

Золото	Au	197,2	Радій	Ra	226,4
Индій	In	114,8	Родій	Rh	102,9
Иридій	Ir	193,1	Ртуть	Hg	200,0
Иттербій	Yb	172,0	Рубидій	Rb	85,45
Иттрій	Y	89,0	Рутеній	Ru	101,7
Іодъ	J	126,92	Самарій	Sm	150,4
Кадмій	Cd	112,40	Свинецъ	Pb	207,10
Калій	K	39,10	Селенъ	Se	79,2
Кальцій	Ca	40,09	Серебро	Ag	107,88
Кислородъ	O	16,00	Скандій	Sc	44,1
Кобальтъ	Co	58,97	Стронцій	Sr	87,63
Кремній	Si	28,3	Сурьма	Sb	120,2
Криптонъ	Kr	82,9	Сѣра	S	32,07
Ксенонъ	Xe	130,2	Таллій	Tl	204,0
Лантанъ	La	139,0	Танталъ	Ta	181,0
Литій	Li	6,94	Теллуръ	Te	127,5
Лютецій	Lu	174,0	Тербій	Tb	159,2
Магній	Mg	24,32	Титанъ	Ti	48,1
Марганецъ	Mn	54,93	Торій	Th	232,4
Молибденъ	Mo	96,0	Тулій	Tu	168,5
Мышьякъ	As	74,96	Углеродъ	C	12,0
Мѣдь	Cu	63,57	Уранъ	U	238,5
Натрій	Na	23,0	Фосфоръ	P	31,04
Неодимій	Nd	144,3	Фторъ	F	19,0
Неонъ	Ne	20,2	Хлоръ	Cl	35,46
Никкель	Ni	58,68	Хромъ	Cr	52,0
Ніобій	Nb	93,5	Цезій	Cs	132,81
Олово	Sn	119,0	Церій	Ce	140,25
Осмій	Os	190,9	Цинкъ	Zn	65,37
Палладій	Pd	106,7	Цирконій	Zr	90,6
Платина	Pt	195,2	Эрбій	Er	167,4
Празеодимій	Pr	140,6			

Понятно, что «истинные» вѣса атомовъ должны быть весьма незначительны, такъ что непосредственно опредѣлить ихъ невозможно. Пайные вѣса, при помощи которыхъ мы вычисляемъ атомные вѣса, даютъ намъ лишь относительныя числа, т. е. вѣса атомовъ, вычисленные по отношенію къ одному элементу,

атомный вѣсъ котораго мы произвольно принимаемъ за единицу. Въ качествѣ такого элемента можно выбрать водородъ, атомный вѣсъ котораго принимаютъ равнымъ единицѣ, или лучше кислородъ, атомный вѣсъ котораго въ настоящее время считается равнымъ 16.

Названіе «атомные вѣса» не вполнѣ удачно, такъ какъ оно невольно наводитъ на предположеніе, что эти числа выражаютъ нѣкоторыя гипотетическія, воображаемыя лишь величины, не поддающіяся опытному опредѣленію. Но такое предположеніе невѣрно. Числа, выражающія атомные вѣса, совершенно не зависятъ отъ самой гипотезы о существованіи атомовъ. Эта гипотеза можетъ пасть подобно многимъ другимъ гипотезамъ, о которыхъ намъ разсказываетъ исторія науки, но атомные вѣса, равно какъ и всѣ вычисленія, основанныя на этихъ числахъ, никогда не потеряютъ своего значенія.

Для того, чтобы лучше уяснить себѣ понятіе объ атомныхъ вѣсахъ, можно воспользоваться ихъ аналогіей съ рыночной цѣной различныхъ веществъ. Всякому хорошо извѣстно и понятно, что различные металлы обладаютъ на рынкѣ далеко неодинаковой стоимостью. Поэтому, желая обмѣнять одинъ металлъ на другой, напримѣръ, золото на серебро или на мѣдь, мы не будемъ давать фунтъ золота въ обмѣнъ на фунтъ серебра, но произведемъ обмѣнъ въ опредѣленномъ отношеніи вѣсовъ, соотвѣтствующемъ сравнительной стоимости этихъ металловъ.

Нѣчто подобное мы наблюдаемъ и въ химіи. Мы уже неоднократно могли замѣтить, что и химическія реакціи представляютъ нѣкоторую аналогію съ мѣновой торговлей. Одинъ металлъ замѣщается другимъ или, вообще, данный элементъ соединенія замѣщается другимъ элементомъ или радикаломъ. Въ этомъ обмѣнѣ участвуютъ, какъ намъ извѣстно, не равные вѣса различныхъ элементовъ, а такіе вѣса, которые отвѣчаютъ ихъ химической цѣнности, т. е. «эквиваленты».

Въ экономической жизни мы для облегченія всѣхъ расчетовъ выбираемъ цѣну одного вещества за единицу, напримѣръ, цѣну опредѣленнаго вѣсового количества золота; цѣна другихъ веществъ выражаетъ отношеніе ихъ стоимости къ стоимости золота, т. е. произвольно выбраннаго нами металла.

Подобно этому мы и въ химіи принимаемъ вѣсъ одного

элемента, напримѣръ, водорода, за единицу и къ этой единицѣ приводимъ эквивалентные, т. е. способные замѣнять другъ друга, вѣса другихъ элементовъ.

Эту аналогію мы можемъ провести и дальше. Въ денежномъ хозяйствѣ мы знаемъ два вещества, которыя служатъ оба въ качествѣ мѣновыхъ единицъ: золото и серебро. Еще недавно существовали и въ химіи два основныхъ вещества, къ массѣ которыхъ приводились эквивалентныя массы другихъ элементовъ: водородъ, котораго атомный вѣсъ принимался за единицу, и кислородъ, которому приписывали атомный вѣсъ 16. Хотя водородъ обладаетъ тѣмъ преимуществомъ, что его атомный вѣсъ меньше атомныхъ вѣсовъ всѣхъ другихъ элементовъ, но зато онъ обладаетъ и крупными недостатками; напримѣръ, его трудно получить въ совершенно чистомъ видѣ, и онъ не соединяется съ большинствомъ другихъ элементовъ. Поэтому въ послѣднее время водородъ долженъ былъ окончательно уступить почетное мѣсто кислороду, который свободенъ отъ указанныхъ недостатковъ.

Нельзя, однако, не обратить вниманія на нѣкоторый произволъ, допускаемый нами при выборѣ между различными кратными атомныхъ вѣсовъ. Вернемся, напримѣръ, къ упомянутымъ выше окисламъ азота.

Если бы мы приняли атомный вѣсъ азота за единицу, то у насъ все же остались бы сомнѣнія относительно выбора между кратными числами, выражающими пайные вѣса кислорода въ его соединеніяхъ съ азотомъ. Попробуемъ выбрать въ качествѣ атомнаго вѣса кислорода самое большое изъ чиселъ, приведенныхъ на стр. 161, т. е. число 2,857, соотвѣтствующее составу азотнаго ангидрида. Въ такомъ случаѣ мы должны допустить, что въ азотномъ ангидридѣ на одинъ атомъ азота приходится одинъ атомъ кислорода. Но тогда въ азотноватомъ ангидридѣ на одинъ атомъ азота придется всего $\frac{2,286}{2,857}$, т. е. 0,8 атома кислорода, а въ соединеніи, которое называется закисью азота, — только 0,2 атома кислорода. Но коль скоро мы допускаемъ индивидуальное существованіе атомовъ, мы не въ правѣ допускать, что въ молекулу входитъ дробное число атомовъ. Поэтому избранный нами атомный вѣсъ кислорода, т. е. число 2,857, мы должны считать несоотвѣтствующимъ кореннымъ предположеніямъ атомистической гипотезы.

Отсюда слѣдуетъ, что изъ всѣхъ кратныхъ чиселъ, выражающихъ пайные вѣса элемента X въ его соединеніяхъ съ элементомъ Y, принятымъ за единицу, въ качествѣ атомнаго вѣса необходимо взять самое меньшее кратное. Въ данномъ случаѣ мы можемъ принять, что атомный вѣсъ кислорода равенъ 0,571 (считая атомный вѣсъ азота равнымъ единицѣ). Тогда окислы азота будутъ имѣть слѣдующій составъ:

а) закись азота:	1	атомъ	азота	+ 1	атомъ	кислорода;
б) окись »	1	»	»	+ 2	атома	»
в) азотистый ангидридъ:	1	»	»	+ 3	»	»
г) азотноватый ангидридъ:	1	»	»	+ 4	»	»
д) азотный ангидридъ:	1	»	»	+ 5	»	»

Если придерживаться указаннаго условія при выборѣ атомныхъ вѣсовъ, то атомный составъ соединеній всегда будетъ выражаться цѣлыми числами.

Но это условіе, хотя и необходимое, не является достаточнымъ, ибо оно не можетъ однозначно опредѣлить атомнаго вѣса элемента. Чтобы убѣдиться въ этомъ, разсмотримъ составъ такого простого соединенія, какъ вода. Вода состоитъ изъ водорода и кислорода. Она содержитъ:

на 1 часть водорода 7,936 частей кислорода.

Если предположимъ, что каждая частица воды состоитъ изъ одного атома водорода и одного атома кислорода, тогда мы атомный вѣсъ кислорода (по отношенію къ водороду, какъ къ единицѣ) должны положить равнымъ 7,936. Такого мнѣнія придерживались химики до послѣдней четверти минувшаго столѣтія. Формулу воды тогда писали HO, обозначая этимъ, что въ молекулѣ воды на одинъ атомъ кислорода (O) приходится одинъ атомъ водорода (H). Однако, можно стать и на другую точку зрѣнія. Можно атомный вѣсъ кислорода принять равнымъ 15,87, допуская въ то же время, что каждая единица воды состоитъ изъ двухъ атомовъ водорода и одного атома кислорода. Такой составъ выражается символомъ H_2O, который теперь является общепринятымъ.

Гдѣ же найти критерій для выбора того или другого числа?

Эта неопредѣленность существовала въ химіи долгое время послѣ того, какъ въ науку была введена гипотеза Дальтона, и весьма затрудняла научныя сношенія изслѣдователей. Поль-

зуясь неодинаковыми основными единицами, а вслѣдствіе этого и различными формулами соединеній, ученые перестали понимать другъ друга.

Возможность выхода изъ этого неопредѣленнаго положенія была создана итальянскимъ ученымъ, графомъ Амедеемъ Авогадро.

Авогадро родился въ 1776 г. въ Туринѣ. Онъ происходилъ изъ дворянскаго сословія, и отецъ его былъ высокопоставленнымъ пьемонтскимъ сановникомъ. Амедей предназначался для адвокатуры подобно Лавуазье. Но такъ же, какъ и этотъ послѣдній, Авогадро вскорѣ бросилъ изученіе законовъ, созданныхъ человѣкомъ, и всецѣло посвятилъ себя изученію нерукотворныхъ законовъ природы. 33-хъ лѣтъ отъ роду Авогадро былъ назначенъ доцентомъ «философіи природы» въ лицеѣ въ Верцелли. Когда Авогадро своими работами составилъ себѣ имя въ ученомъ мірѣ, Викторъ Эммануилъ въ 1820 г. создалъ для него спеціальную каѳедру математической физики въ Туринѣ.

Однако, спустя три года эта каѳедра была упразднена реакціоннымъ правительствомъ, и только въ 1833 г. была вновь возстановлена. Ее занялъ тогда знаменитый математикъ Коши. Когда же Коши спустя одинъ годъ оставилъ эту каѳедру, она была возвращена Авогадро. Авогадро занимался наукой до конца своей жизни. Онъ умеръ въ 1856 г., доживъ до 80 лѣтъ.

Главная заслуга Авогадро заключается въ установленной имъ гипотезѣ, дающей возможность опредѣлять относительные вѣса молекулъ. Въ наукѣ эта гипотеза извѣстна подъ названіемъ гипотезы Авогадро.

Благодаря опытамъ Гэ-Люссака и Гумбольдта относительно синтеза воды и другихъ веществъ, образующихся изъ газообразныхъ элементовъ, былъ установленъ слѣдующій законъ: если два газа соединяются другъ съ другомъ, то объемное отношеніе ихъ можетъ быть выражено съ помощью простыхъ (т. е. малыхъ) цѣлыхъ чиселъ.

Такъ, при образованіи воды одинъ объемъ кислорода соединяется съ двумя объемами водорода, образуя 2 объема водяного пара. При образованіи соляной кислоты одинъ объемъ водорода соединяется съ однимъ объемомъ хлора, образуя 2 объема хлористаго водорода. Одинъ объемъ азота, соединяясь

съ тремя объемами водорода, даетъ 2 объема амміачнаго газа.

Во всѣхъ изслѣдованныхъ до сихъ поръ реакціяхъ подтверждается указанное правило: отношеніе объемовъ газовъ, соединяющихся другъ съ другомъ, и отношеніе объемовъ реагирующихъ газовъ къ объему полученнаго соединенія (если послѣднее тоже находится въ газообразномъ состояніи) выражается простыми раціональными и цѣлыми числами.

Геніальный Авогадро установилъ логическую связь между этими эмпирическими законами, съ одной стороны, и атомистической гипотезой — съ другой. Атомистическая гипотеза въ томъ видѣ, какъ ее понималъ Дальтонъ, требуетъ, чтобы при образованіи соединенія одна молекула вещества А соединялась съ простымъ числомъ молекулъ вещества В. Въ дѣйствительности же мы наблюдаемъ, что одинъ объемъ вещества А (въ газообразномъ состояніи) соединяется съ простымъ цѣлымъ числомъ объемовъ вещества В (въ газообразномъ состояніи). Не естественно ли предположить, что одинаковые объемы различныхъ газовъ содержатъ одинаковое число частицъ?

Это заключеніе выведено было Авогадро въ 1811 г. Три года спустя оно, независимо отъ Авогадро, было высказано знаменитымъ французскимъ физикомъ Ампером. Но еще долгое время ученые отказывались признать эту гипотезу, несмотря на ея простоту и огромное значеніе для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ.

Какую услугу намъ оказываетъ гипотеза Авогадро и Ампера при опредѣленіи молекулярныхъ вѣсовъ, можно видѣть при разсмотрѣніи состава воды. Вода состоитъ изъ двухъ объемовъ водорода и одного объема кислорода. Уже это обстоятельство говоритъ въ пользу формулы H_2O; атомный вѣсъ кислорода долженъ тогда быть равнымъ 15,87 (по отношенію къ водороду). Далѣе, опытъ показываетъ, что изъ 2 объемовъ водорода и 1 объема кислорода получаются два объема водяного пара. На языкѣ молекулярной гипотезы это означаетъ, что 2 молекулы водорода + 1 молекула кислорода образуютъ 2 молекулы воды. Такъ какъ каждая молекула воды содержитъ не менѣе одного атома кислорода, то одна молекула кислорода содержитъ, по крайней мѣрѣ, два атома. Аналогичное заключеніе можно вывести относительно большинства другихъ газовъ: водорода, азота хлора и др.

Такимъ образомъ, счастливая мысль Авогадро обогатила науку новымъ методомъ опредѣленія молекулярныхъ (или частичныхъ) вѣсовъ различныхъ соединеній. Дѣйствительно, достаточно найти плотность изслѣдуемаго вещества въ парообразномъ состояніи, чтобы изъ отношенія его плотности къ плотности какого-либо газа, котораго молекулярный вѣсъ извѣстенъ—напримѣръ, водорода или кислорода—найти молекулярный вѣсъ перваго. Для опытнаго опредѣленія этихъ столь важныхъ величинъ былъ выработанъ цѣлый рядъ методовъ; назовемъ способы Дюма, Гофманна, Виктора Мейера. Опредѣленіе молекулярнаго вѣса пріобрѣло весьма важное значеніе, особенно въ органической химіи, такъ что для характеристики всякаго новаго вещества считается необходимымъ указать его молекулярный вѣсъ на ряду съ его элементарнымъ анализомъ. Конечно, понятіе молекулярнаго вѣса лишь постепенно вошло въ науку; только въ 1860 г., на знаменитомъ съѣздѣ химиковъ въ Карлсруэ, достигнуто было всеобщее соглашеніе химиковъ относительно молекулярныхъ вѣсовъ.

Молекулярные вѣса, подобно атомнымъ, представляютъ собою относительныя числа, которыя выражаютъ лишь отношеніе вѣса частицы даннаго элемента (или соединенія) къ вѣсу частицы опредѣленнаго элемента, принятому за единицу.

Молекулярные вѣса имѣютъ въ наукѣ еще и спеціальное значеніе: они представляютъ какъ бы особую индивидуальную единицу вѣса, къ которой слѣдуетъ приводить свойства различныхъ веществъ при ихъ сравненіи другъ съ другомъ.

Дѣйствительно, при сравненіи какихъ-либо физическихъ свойствъ тѣлъ, напримѣръ, удѣльныхъ объемовъ, свѣтопреломляющей способности, электропроводности, и т. д. мы относимъ эти свойства не къ равнымъ вѣсамъ различныхъ веществъ, а къ эквимолекулярнымъ вѣсамъ, т. е. къ такимъ, которые соотвѣтствуютъ одинаковымъ количествамъ молекулъ. Только при такомъ сравненіи изслѣдуемыя физическія свойства обнаруживаютъ болѣе или менѣе простую закономѣрность.

Можетъ, однако, возникнуть вопросъ, нельзя ли какимъ-нибудь путемъ составить себѣ хотя бы приблизительное понятіе объ истинной, т. е. абсолютной величинѣ атомовъ и молекулъ? Позволяютъ ли намъ представленія объ атомахъ, созданныя наукой въ теченіе вѣковъ, питать хоть слабую надежду на то, что

когда-нибудь намъ удастся наглядно убѣдиться въ существованіи этихъ маленькихъ, но столь важныхъ тѣлецъ?

Въ послѣдніе годы было открыто нѣсколько путей, ведущихъ къ этой цѣли. Хотя абсолютно вѣрныхъ результатовъ не удалось достигнуть — да и достигнуть ихъ невозможно въ виду гипотетическаго характера самого вопроса,—но знаменательно уже то, что всѣ эти пути привели почти къ одинаковымъ заключеніямъ относительно абсолютной величины атомовъ, хотя и самые пути, и исходныя точки совершенно различны.

Различныя наблюденія убѣждаютъ насъ, что эта величина должна быть чрезвычайно мала.

Съ помощью молотка можно сплющить нѣкоторые металлы въ чрезвычайно тоненькія пластинки. Напримѣръ, здѣсь у меня въ рукахъ пластинка золота, наклеенная на стекло. Эта пластинка такъ тонка, что кажется намъ прозрачной, хотя она совершенно не повреждена. Можно взвѣсить такую пластинку и вычислить ея объемъ, раздѣливъ вѣсъ пластинки на удѣльный вѣсъ золота. Измѣривъ затѣмъ поверхность пластинки и раздѣливъ объемъ на поверхность, мы найдемъ толщину пластинки. Вычисленіе показываетъ, что толщина такой золотой пластинки составляетъ всего 0,000066 миллиметра! Тысяча такихъ пластинокъ, сложенныхъ вмѣстѣ, не составятъ еще толщины листа бумаги.

Фарадэю удалось получить еще болѣе тонкіе слои золота посредствомъ электролиза раствора солей золота. Толщина этихъ слоевъ составляла всего 0,000001 миллиметра!

Еще болѣе тонкіе слои вещества получилъ Рентгенъ,— тотъ самый физикъ, которому мы обязаны открытіемъ Х-лучей. Какъ извѣстно, масло, расплываясь по поверхности воды, образуетъ тоненькія пленки; Рентгенъ получилъ такимъ путемъ слои масла толщиною въ 0,0000005 миллиметра. Діаметръ молекулы, слѣдовательно, долженъ быть во всякомъ случаѣ не больше этой величины.

Сколь мала должна быть масса отдѣльной молекулы, объ этомъ лучше всего можно судить по распространенію запаха въ воздухѣ. Одно зернышко мускуса, вѣсомъ всего лишь въ нѣсколько миллиграммовъ, насыщаетъ воздухъ цѣлой комнаты своимъ запахомъ, который сохраняется въ теченіе нѣсколькихъ

лѣтъ. Въ небольшомъ количествѣ воздуха, производящаго моментальное дѣйствіе на слизистую оболочку нашего носа, должна находиться, по меньшей мѣрѣ, одна молекула мускуса. Исходя изъ такихъ соображеній, можно вычислить верхній предѣлъ для массы одной молекулы пахучаго вещества. Согласно вычисленію Бертело, это число равно одной стотысячнобилліонной части грамма!

Зрѣніе въ этомъ отношеніи менѣе чувствительно, чѣмъ обоняніе.

Здѣсь предо мною бутылочка красящаго вещества, которое называется флюоресциномъ. Беру щепотку этого вещества и растворяю въ натріевой щелочи. Получается коричневый растворъ, который я разбавляю водою. Этотъ растворъ, какъ вы видите, въ отраженномъ свѣтѣ имѣетъ прекрасный зеленый блескъ. Подобное свѣтовое явленіе называется флюоресценціей, и этому свойству наше красящее вещество обязано своимъ названіемъ. Мы видимъ, слѣдовательно, что одна капля раствора окрашиваетъ цѣлый литръ воды въ зеленый цвѣтъ. Недавно скончавшійся бельгійскій физико-химикъ Спрингъ установилъ, что самое меньшее количество флюоресцеина, достаточное для того, чтобы сообщить водѣ характерный зеленый отблескъ, составляетъ всего одну тысячабилліонную часть грамма! Частичка съ такимъ вѣсомъ имѣетъ въ поперечникѣ не болѣе 0,0001 миллиметра!

Покажемъ на опытѣ, какъ можно обнаружить самыя ничтожныя количества вещества; съ этой цѣлью мы возьмемъ красное красящее вещество, называемое фуксиномъ. Взвѣшенное количество фуксина, а именно $^1/_{10}$ грамма, я растворяю въ 50 кубическихъ сантиметрахъ спирта. Теперь я беру посредствомъ маленькой пипетки одинъ кубическій сантиметръ полученнаго раствора и разбавляю его съ двадцатью кубическими сантиметрами воды. Каплю этого разбавленнаго раствора я опускаю на маленькую латунную пластинку, въ которой просверлены два маленькихъ отверстія. Эта пластинка имѣетъ 1 миллиметръ толщины, сѣченіе же отверстія составляетъ 1 квадратный миллиметръ. Каплю окрашеннаго раствора я опускаю въ одно изъ отверстій, затѣмъ закрываю его съ обѣихъ сторонъ тоненькими стеклышками, которыя употребляются обыкновенно для покрыванія микроскопическихъ препаратовъ. Другое отверстіе остается

для сравненія незаполненнымъ. Я помѣщаю пластинку въ проекціонный фонарь; теперь вы видите на экранѣ, что маленькая капелька раствора фуксина имѣетъ ясную окраску; окраска выступаетъ еще рѣзче при сравненіи съ пустымъ отверстіемъ, помѣщеннымъ рядомъ съ первымъ въ той же пластинкѣ.

Вычислимъ, сколько фуксина содержитъ столбикъ жидкости, наполняющій отверстіе пластинки. Такъ какъ толщина пластинки составляетъ 1 миллиметръ, а площадь отверстія равна 1 квадратному миллиметру, то объемъ столбика жидкости долженъ составлять 1 кубическій миллиметръ. Одинъ кубическій сантиметръ раствора содержитъ $^1/_{10000}$ часть грамма фуксина; слѣдовательно, количество фуксина въ отверстіи пластинки, вполнѣ достаточное, чтобы произвести окраску, составляетъ лишь $^1/_{10000000}$ часть грамма!

Въ только что изложенныхъ примѣрахъ мы находили лишь высшіе предѣлы объема и массы молекулы. Но нѣкоторые новѣйшіе опыты съ коллоидальными растворами, а также теоретическія соображенія изъ совершенно разнородныхъ областей физики и химіи позволили въ послѣднее время съ весьма большой долей вѣроятности вычислить дѣйствительные размѣры молекулъ. Оказалось, что числа, полученныя совершенно различными и независимыми путями, согласуются чрезвычайно близко.

Наши обыкновенныя мѣры длины слишкомъ грубы, чтобы выразить эти величины. Во избѣжаніе лишнихъ нулей приходится примѣнять особыя единицы длины. Одна тысячная миллиметра называется микрономъ и обозначается греческой буквой μ. Одинъ микронъ соотвѣтствуетъ приблизительно одной сотой долѣ ширины человѣческаго волоса. Для измѣренія молекулъ, однако, удобнѣе пользоваться еще меньшей мѣрой, а именно, одной тысячной долей микрона, т. е. одной милліонной долей миллиметра. Эту мѣру называютъ миллимикрономъ и обозначаютъ двумя буквами μμ.

Опыты относительно верхняго предѣла размѣровъ молекулы убѣждаютъ насъ, что этотъ предѣлъ лежитъ за областью видимаго. Дѣйствительно, самые лучшіе микроскопы позволяютъ намъ различать бактеріи величиной примѣрно въ 0,0002 миллиметра, т. е. въ 200 микроновъ; если даже допустимъ, что возможно еще значительно усовершенствовать стекла микроскоповъ, то все-таки намъ не удастся перейти за предѣлъ 150 микроновъ,

соотвѣтствующій одной четверти длины свѣтовой волны*). Но въ послѣднее время удалось значительно передвинуть границу распознаваемости (не смѣшивать съ видимостью) малыхъ частичекъ. Посредствомъ ультрамикроскопа, изобрѣтеннаго въ 1903 г. Зидентопфомъ и Зигмонди, мы можемъ распознавать еще частички, которыхъ діаметръ не превышаетъ 5 μμ.

Но даже при помощи ультрамикроскопа невозможно различить частицы въ совершенно однородныхъ тѣлахъ, напримѣръ, въ чистой и «оптически пустой» водѣ. Слѣдовательно, молекулы воды должны быть меньше 5 μμ. Существуетъ, однако, цѣлый классъ тѣлъ, которыя на глазъ кажутся однородными, но, какъ оказывается при болѣе точномъ наблюденіи, содержатъ подвѣшенныя частички въ видѣ очень тонкой эмульсіи. Существованіе этихъ частичекъ легко доказывается хотя-бы тѣмъ обстоятельствомъ, что такіе растворы разсѣиваютъ пропускаемый черезъ нихъ свѣтъ (явленіе Тиндалля). Эти коллоидальные растворы, находящіеся на границѣ между истинными, т. е. однородными, растворами и неоднородными смѣсями, содержатъ — согласно новѣйшимъ изслѣдованіямъ — отдѣльныя частички какъ-бы растворенныхъ веществъ, плавающія въ растворителѣ. Не здѣсь мѣсто входить подробнѣе въ описаніе чрезвычайно интересныхъ явленій, наблюдаемыхъ въ этихъ «ложныхъ растворахъ». Для насъ важенъ лишь фактъ, что мы можемъ различными способами получить коллоидальные растворы, содержащіе частички любой величины. Въ большинствѣ случаевъ эти частички можно различать при помощи ультрамикроскопа. Но иногда это невозможно. Такъ, напримѣръ, Зигмонди получилъ коллоидальные растворы золота, въ которыхъ отдѣльныя частички имѣютъ всего 2-3 μμ въ діаметрѣ. Эти растворы кажутся вполнѣ прозрачными. При помощи ультрамикроскопа мы не въ состояніи различить въ нихъ отдѣльныхъ частичекъ золота. Ихъ можно сдѣлать доступными наблюденію только посредствомъ особеннаго способа, а именно, путемъ выращиванія: въ соприкосновеніи съ «истиннымъ» растворомъ золота эти частички растутъ вслѣдствіе выдѣленія золота на ихъ поверхности.

*) Относящіяся сюда соображенія подробно изложены въ книгѣ Майкельсона: «Свѣтовыя волны и ихъ примѣненія». Перевела *В. О. Хвольсонъ* подъ ред. проф. О. Д. Хвольсона. 1912. Изд. «Матезисъ».

Весьма важнымъ доводомъ въ пользу атомистическаго воззрѣнія является то обстоятельство, что между тѣлами однородными и завѣдомо неоднородными (дисперсными) существуетъ непрерывный рядъ переходовъ. Дѣйствительно, благодаря этому обстоятельству мы въ правѣ все то, что мы знаемъ относительно частичекъ коллоидовъ, распространить на истинныя молекулы. Такимъ образомъ достигнута, наконецъ, мечта объ экспериментальномъ изученіи свойствъ частицъ.

Разсмотримъ, напримѣръ, свойство непрерывнаго движенія частицъ, составляющее основу кинетической гипотезы. Уже давно замѣчено было, что маленькія тѣльца, взмученныя въ водѣ, обнаруживаютъ подъ микроскопомъ весьма замѣтное движеніе. По имени перваго наблюдателя это явленіе было названо броуновскимъ движеніемъ. Перренъ и Сведбергъ доказали, что изслѣдованіе броуновскаго движенія позволяетъ опытнымъ путемъ подтвердить выводы кинетической гипотезы газовъ, а Смолюховскій и Эйнштейнъ теоретически вывели связь между наблюдаемымъ броуновскимъ движеніемъ и предполагаемымъ движеніемъ частицъ.

На основаніи опытовъ, произведенныхъ различными независимыми другъ отъ друга методами, оказалось возможнымъ вычислить, сколько частицъ содержится въ одномъ куб. сантиметрѣ газа при атмосферномъ давленіи и температурѣ 0°. Извѣстно, что согласно гипотезѣ Авогадро всѣ газы въ одинаковыхъ объемахъ содержатъ одинаковое число частицъ. Поэтому число частицъ, найденное для одного газа, должно годиться также для всѣхъ газовъ, т. е. должно представлять собою универсальную константу. Впервые послѣдняя была вычислена Лошмидтомъ, почему она и называется Лошмидтовымъ числомъ.

Число молекулъ въ 1 куб. сант. газа при 0° и подъ давленіемъ 1 атмосферы неимовѣрно велико. Оно выражается числомъ $32 . 10^{18}$, т. е. къ 32 мы должны приставить восемьнадцать нулей! Зная это число, мы можемъ вычислить радіусъ шара, представляющаго одну молекулу. Мы получаемъ чрезвычайно малое число: такъ, радіусъ одной частицы кислорода равенъ всего 0.2μμ! Слѣдовательно, онъ въ 3 — 5 разъ меньше радіуса самыхъ малыхъ матеріальныхъ частичекъ, доступныхъ нашему наблюденію.

Трудно представить себѣ столь малыя величины. Если мы,

слѣдуя примѣру лорда Кельвина, увеличимъ мысленно каплю воды до размѣровъ земного шара, то отдѣльныя молекулы воды окажутся по величинѣ меньше билліардныхъ шаровъ и больше шариковъ дроби.

Намъ не дана пока возможность непосредственно наблюдать молекулы. Но математическое вычисленіе можетъ проникнуть и туда, куда не суждено проникнуть человѣческому глазу Математики давно уже поставили себѣ задачей найти путемъ вычисленія величину частицъ, исходя изъ самыхъ разнообразныхъ физическихъ законовъ и явленій. Такими исходными точками служили отклоненія отъ законовъ, установленныхъ для газовъ, скорость диффузіи газовъ, діэлектрическая постоянная и т. д. Найденныя величины, хотя и не вполнѣ совпадаютъ, колеблются всѣ около нѣсколькихъ десятыхъ μμ. Но путь математиковъ тернистъ и труденъ. Поэтому мы пойдемъ другимъ путемъ, и займемся новымъ классомъ явленій, которыя, какъ оказывается, подтверждаютъ предыдущіе результаты.

Изъ элементарнаго курса физики извѣстно, что воздухъ, равно какъ и всѣ другіе газы, не проводятъ электричества. Дѣйствительно, будь воздухъ хорошимъ проводникомъ, мы не могли бы проводить электрическій токъ чрезъ неизолированныя, «голыя» проволоки: изъ проволокъ, проводящихъ токи въ телеграфѣ, телефонѣ, трамваѣ, или въ электрическихъ лампахъ, электричество постоянно уходило бы въ окружающій воздухъ. Такимъ образомъ, непроводимость воздуха имѣетъ для насъ весьма существенное значеніе. Но мы можемъ, все-таки, заставить воздухъ проводить электричество. Мы въ состояніи достичь это различными способами: либо дѣйствуя на воздухъ катодными лучами, или рентгеновскими, или невидимыми лучами ультрафіолетоваго свѣта, либо нагрѣвая воздухъ до высокихъ температуръ, либо, наконецъ, подвергая его вліянію токовъ высокихъ напряженій. Въ этихъ условіяхъ въ воздухѣ и въ другихъ газахъ можно наблюдать теченіе положительнаго электричества отъ анода къ катоду и теченіе отрицательнаго электричества въ обратномъ направленіи. Извѣстно, что переносъ электричества въ жидкихъ и въ газообразныхъ проводникахъ, т. е. электролитахъ, можетъ совершаться не иначе, какъ черезъ передвиженіе матеріальныхъ частичекъ. Такія частички, несущія съ собою опредѣленные элек-

трическіе заряды, называются іонами. Согласно основному закону электролиза, открытому Фарадэемъ (срав. стр. 107), одинаковыя количества іоновъ переносятъ съ собою всегда одинаковыя количества электричества. Поэтому изслѣдователи приложили много усилій, чтобы съ точностью опредѣлить электрическій зарядъ одного отдѣльнаго іона. Зная этотъ зарядъ, можно вычислить число іоновъ въ единицѣ объема газа, а также радіусъ отдѣльнаго іона. Для экспериментальнаго опредѣленія электрическаго заряда отдѣльнаго іона придумано было не менѣе семи методовъ.

Вильсонъ основалъ методъ исчисленія іоновъ на томъ фактѣ, что насыщенные пары осаждаются на поверхности іоновъ въ видѣ маленькихъ капель. Сосчитавъ эти капли, можно опредѣлить число іоновъ и вычислить зарядъ отдѣльнаго іона. Путемъ распыленія металловъ въ вольтовой дугѣ Эренгафтъ получилъ весьма мелкія облака, состоящія изъ частичекъ металловъ; электрическій зарядъ этихъ частичекъ можно было опредѣлить. Ту же величину электрическаго заряда отдѣльнаго іона Планкъ вычислилъ, основываясь на законахъ лучеиспусканія сильно нагрѣтыхъ тѣлъ. Самые же интересные методы опредѣленія заряда іона основаны на явленіяхъ распада радія, — того загадочнаго элемента, который за послѣднее десятилѣтіе привлекалъ вниманіе всего ученаго міра.

Явленіямъ радіоактивности мы посвятимъ послѣднюю лекцію настоящаго курса. Но уже и теперь я могу упомянуть объ основномъ свойствѣ этого элемента. Благодаря изслѣдованіямъ послѣднихъ лѣтъ мы можемъ теперь считать доказаннымъ, что элементъ радій находится въ состояніи непрерывнаго и постепеннаго распада. Атомы этого элемента, распадаясь, испускаютъ одновременно лучи различнаго рода. По своимъ свойствамъ лучи радія раздѣляются на три класса, обозначаемые начальными буквами греческаго алфавита. Мы различаемъ такимъ образомъ лучи α, β, γ. Изъ нихъ первые, т. е. лучи α, оказались особенно важными для опредѣленія величины атомовъ. Рамзай и Содди доказали при помощи спектроскопа, что α—лучи представляютъ собою не что иное, какъ атомы особаго газообразнаго элемента—гелія. Эти лучи, однако, не являются электрически нейтральными, но обладаютъ положительнымъ электрическимъ зарядомъ. Мы, слѣ-

довательно, имѣемъ здѣсь дѣло съ іонами гелія. Ретгерфордъ опредѣлилъ число іоновъ гелія въ единицѣ объема, т. е. въ одномъ куб. сант., тремя независимыми методами: во-первыхъ, изъ общей энергіи α—лучей, затѣмъ, по періоду превращенія радія и, наконецъ, изъ заряда частичекъ лучей α. Всѣ эти способы привели къ одному и тому же числу, — въ среднемъ 29 съ 18-ью нулями. Число это очень хорошо совпадаетъ съ тѣми результатами, которые были найдены изъ броуновскаго движенія, изъ кинетической гипотезы, а также различными другими методами (см. стр. 175).

Благодаря радію, завѣтная мечта физиковъ—непосредственно наблюдать атомы — приблизилась къ осуществленію. Намъ уже извѣстно, что этотъ элементъ испускаетъ лучи α. Этихъ лучей мы не можемъ наблюдать непосредственно. Но если частичка α попадетъ на поверхность какого-нибудъ фосфоресцирующаго вещества, напримѣръ, сѣрнистаго цинка, то въ мѣстѣ паденія мы замѣчаемъ искру, какъ при ударѣ кремнія о кусокъ стали. Если производить эти наблюденія въ темной комнатѣ, то на фосфоресцирующемъ экранѣ изъ сѣрнистаго цинка можно наблюдать вспыхиваніе маленькихъ огоньковъ, напоминающее собою мерцаніе звѣздъ. Сосчитывая эти свѣтящіяся точки, мы можемъ опредѣлить, сколько атомовъ гелія образуется въ данный промежутокъ времени. Мы можемъ, слѣдовательно, опредѣлить число атомовъ и вычислить ихъ абсолютную величину. Пользуясь этимъ методомъ, Регенеръ насчиталъ въ одномъ куб. сан. гелія при 0° и атмосферномъ давленіи $27 . 10^{18}$ атомовъ этого газа, — число, которое поразительнымъ образомъ совпадаетъ со всѣми другими числами, найденными столь разнородными путями. Такимъ образомъ оказывается, что одинъ граммъ радія каждую секунду извергаетъ не меньше 34 билліоновъ атомовъ гелія!

Если мы теперь бросимъ взглядъ на пройденный путь, то должны будемъ признать, что наука за послѣднее время совершила много прекраснаго. Раскрыта чудная гармонія, господствующая въ мірѣ чрезвычайно малыхъ величинъ. Близится къ рѣшенію одна изъ самыхъ трудныхъ проблемъ естествознанія,— вопросъ о внутреннемъ строеніи матеріи. Почти все это достигнуто за послѣднія десять лѣтъ настоящаго вѣка.

Сопоставляя это послѣднее обстоятельство съ чрезвычайно быстрымъ темпомъ развитія, наблюдаемымъ за послѣднее время въ другихъ областяхъ естественныхъ наукъ и въ техникѣ, мы не можемъ не преисполниться самыми свѣтлыми надеждами на будущее.

На прилагаемой таблицѣ сопоставлены послѣдовательные успѣхи науки въ измѣреніи очень малыхъ величинъ:

Толщина человѣческаго волоса	100000	μμ
Толщина листа бумаги	50000	μμ
Самое малое количество соли, которое можно открыть при помощи спектроскопа (по Бунзену).	6600	μμ
Бактеріи холеры, діаметръ	2000	μμ
Самая тонкая платиновая проволока (Вульстенъ)	750	μμ
Длина свѣтовой волны.	500	μμ
Мельчайшая крупинка мускуса, узнаваемая по запаху (Бертело)	260	μμ
Мельчайшія бактеріи	200	μμ
Предѣлъ видимости при помощи микроскопа	160	μμ
Мельчайшая крупинка флуоресцеина, обнаруживаемая по окраскѣ воды (Спрингъ) . .	120	μμ
Толщина листочка золота	50	μμ
Тончайшій слой электролитическаго осадка мѣди по Обербеку	7	μμ
Слой золота по Фарадэю	6	μμ
Предѣлъ узнаваемости при помощи ультрамикроскопа	5	μμ
Частица крахмала, діаметръ	5	μμ
Коллоидальныя частички золота по Зигмонди	2	μμ
Слой масла по Рентгену, толщина	0.6	μμ
Частица кислорода, діаметръ.	0.4	μμ
Частица водорода, діаметръ	0.1	μμ
Размѣры электрона	$\frac{1}{20000}$	μμ (?)

Мм. Гг. Наши счета съ прошлымъ закончены. Я старался въ общихъ чертахъ изобразить наиболѣе существенные моменты въ исторіи развитія химіи. О многомъ важномъ я упомянулъ лишь

вскользь, о многомъ я совсѣмъ умолчалъ. Вообще, подробное знакомство съ исторіей возможно лишь при систематическомъ изученіи науки.

Слѣдующія лекціи мы посвятимъ ознакомленію съ современнымъ состояніемъ химіи, и съ этой цѣлью мы разсмотримъ заслуги наиболѣе выдающихся современныхъ химиковъ. Въ ближайшей лекціи я постараюсь изобразить новѣйшій періодъ въ исторіи развитія органической химіи, при чемъ остановлюсь на способахъ искусственнаго полученія красящихъ веществъ, на синтезѣ сахаровъ и, наконецъ, на синтезѣ бѣлковыхъ тѣлъ, — этихъ загадочныхъ носителей жизни. Затѣмъ я постараюсь изобразить цѣли и успѣхи физической химіи, которая зародилась здѣсь, въ стѣнахъ Политехническаго Института, и здѣсь же, благодаря Оствальду, разрослась въ цѣлую науку.

Послѣднюю лекцію я посвящу химіи будущаго, — изслѣдованію недавно открытыхъ явленій радіоактивности. Хотя эти изслѣдованія еще далеко не закончены, тѣмъ не менѣе уже теперь можно предвидѣть, что этому классу явленій суждено сыграть совершенно исключительную роль. Пользуясь тѣмъ, что наша лабораторія обладаетъ крупинкой драгоцѣннаго вещества, я произведу здѣсь нѣсколько опытовъ, которые познакомятъ насъ со свойствами радіоактивныхъ тѣлъ.

ИСТОЧНИКИ.

W. Nernst. Theoretische Chemie. Stuttgart, 1907.

Svante Arrhenius. Theorien der Chemie. Leipzig, 1906.

Снайдеръ. Картина міра въ свѣтѣ современнаго естествознанія. Перев. проф. *В. В. Завьялова*. Изданіе *Матезисъ*. Одесса.

L. Bruner. Poięcia i teorye chemii. Варшава, 1905.

M. Smoluchowski. Zarys najnowszych postępów fizyki. Лембергъ, 1897.

Дж. Дж. Томсонъ. Корпускулярная теорія вещества. Перев. *І. Левинтова*. Изданіе *Матезисъ*. Одесса, 1910.

Werner Mecklenburg. Die experimentelle Grundlegung der Atomistik. lena, 1910.

Ernst Cohen. Hundert Jahre in der Molekularwelt (1811—1911). Zeitschrift f. Elektrochemie 17 (1911).

G. Mie. Moleküle, Atome, Weltäher. Leipzig, 1907.

Ж. Перрэнъ. Броуново движеніе и реальность молекулъ. Перев. *Д. К. Добросердова*. Жур. Рус. Физико-Хим. Общества. Часть химическая. Т. 43 (1911).

ЛЕКЦІЯ VIII.

Расцвѣтъ органической химіи и его практическія послѣдствія.

Содержаніе: Роль гипотезы въ наукѣ. — Состояніе органической химіи послѣ Либиха и Вёлера. — Типы.—Метанъ.—Валентность.—Продукты замѣщенія. — Бензольное кольцо. — Неизмѣняемость углероднаго скелета. — Формулы строенія, какъ символы. — Рѣшеніе вопроса объ изомеріи. — Направленіе изслѣдованій въ области органической химіи. — Бутлеровъ. — Синтезы Бертело. — Практическія пріобрѣтенія. — Байеръ. — Его заслуги въ дѣлѣ научнаго образованія техниковъ. — Фишеръ.—Сахары.—Группа мочевой кислоты. — Протеины. — Виды на синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ. — Ненцкій.

Мм. Гг.

Атомистическая гипотеза познакомила насъ съ новымъ способомъ научнаго мышленія,—съ примѣненіемъ гипотезъ. Отъ законовъ природы и основанныхъ на нихъ точныхъ теорій гипотезы отличаются тѣмъ, что опираются на предположенія, которыхъ невозможно доказать непосредственно, и содержатъ величины, которыхъ мы не въ состояніи измѣрить.

Масса, вѣсъ, теплота и работа—это величины, которыя мы можемъ непосредственно опредѣлить съ помощью соотвѣтственныхъ приборовъ. Свойства же атомовъ, ихъ скорость, размѣры, масса—это величины, которыя до послѣдняго времени не поддавались непосредственнымъ измѣреніямъ. Въ лучшемъ случаѣ можно было лишь провѣрить, насколько тѣ или иныя условно принятыя числа соотвѣтствуютъ или противорѣчатъ нашимъ допущеніямъ.

Если обратить вниманіе на шаткія основанія гипотезъ, если признать, что невозможно ни точно доказать ихъ, ни опровергнуть, то является вопросъ, не приносятъ ли гипотезы наукѣ болѣе вреда, чѣмъ пользы? Но достаточно вспомнить, какую

важную роль гипотезы играли во всѣ времена и какое огромное значеніе имѣютъ онѣ еще въ настоящее время, чтобы признать ихъ право на существованіе. Вспомнимъ о гипотезѣ электрическихъ жидкостей, на которой прежде основывалось ученіе объ электричествѣ, вспомнимъ гипотезу о теплородѣ, которая долгое время служила основаніемъ ученія о теплотѣ. Что же, если не гипотезу, представляла флогистонная теорія? А развѣ эѳиръ, на которомъ еще недавно зиждилось все ученіе о свѣтѣ, не является вполнѣ гипотетическимъ веществомъ? Предположеніе, что теплота есть особаго рода движеніе молекулъ, господствуетъ въ наукѣ еще и въ настоящее время. Наконецъ, гипотеза объ атомахъ считается по сію пору основаніемъ столь обширной области знанія, какъ химія.

Если мы все это примемъ во вниманіе, то мы склонны будемъ признать, что подробная разработка гипотезъ всегда составляла одну изъ важнѣйшихъ задачъ науки, и останется таковою въ будущемъ. Такое мнѣніе господствовало долгое время. Не только въ физикѣ и химіи, но и въ другихъ естественныхъ наукахъ разработка различныхъ гипотезъ считалась не менѣе важной задачей, чѣмъ непосредственное изслѣдованіе явленій природы, т. е. наблюденіе и опытъ.

Но наука признаетъ только одинъ авторитетъ, — природу. То мнѣніе, которое вчера еще было общепринятымъ, завтра будетъ, можетъ быть, опровергнуто новыми фактами.

Когда атомистическая гипотеза, казалось, была на высотѣ своего величія, въ научныхъ кругахъ возникло теченіе, направленное не только противъ атомистической гипотезы, но отрицающее вообще за всѣми гипотезами право на существованіе. Въ борьбу противъ господства гипотезъ въ точныхъ наукахъ наиболѣе энергично выступилъ Вильгельмъ Оствальдъ, извѣстный реформаторъ физической химіи. Свои взгляды на роль гипотезъ онъ изложилъ въ лекціяхъ по натурфилософіи.

По Оствальду, главные признаки, отличающіе гипотезы отъ точныхъ теорій, это — произвольность и непостоянство.

Точные законы природы обыкновенно выражаются уравненіями, содержащими различныя величины, которыми характеризуются явленія. Мы неоднократно встрѣчали примѣры такихъ уравненій и видѣли, какимъ образомъ можно всѣ эти величины

измѣрять. Если полученныя путемъ измѣреній числа удовлетворяютъ уравненію, то законъ, выражаемый этимъ уравненіемъ, мы считаемъ вѣрнымъ. По мѣрѣ развитія методовъ изслѣдованія, по мѣрѣ возрастанія количества опытнаго матеріала и точности измѣреній, несомнѣнно могутъ обнаружиться нѣкоторыя отклоненія отъ установленныхъ законовъ. Въ такихъ случаяхъ слѣдуетъ либо надлежащимъ образомъ ограничить законъ, либо же установить новый.

Другое дѣло гипотезы. Атомистическая гипотеза, представляющая въ цѣломъ весьма гармоническое зданіе, была основана на фундаментѣ вполнѣ произвольныхъ положеній. Правда, слѣдствія выведенныя изъ этихъ положеній, прекрасно согласовались съ опытомъ. Но это доказывало лишь, что положенія очень удачно подобраны, и никакъ не могло считаться доказательствомъ правильности самихъ положеній. Дѣйствительно, исторія науки показываетъ, что лишь только обнаруживалось разногласіе между гипотезой и опытомъ, тотчасъ дѣлались попытки нѣсколько измѣнить первоначальныя положенія. Часто удавалось такимъ образомъ спасти гипотезу. Однако, всякая гипотеза рано или поздно теряла право на существованіе въ наукѣ.

Нужно ли поэтому вполнѣ отказаться отъ пользованія гипотезами? Не будемъ впадать въ крайности! Если даже признать справедливымъ изреченіе одного изъ выдающихся противниковъ гипотезъ, что «одно число[1]) больше стоитъ, чѣмъ цѣлая библіотека гипотезъ», то все-таки не слѣдуетъ забывать о той весьма важной роли, какую онѣ имѣли въ исторіи развитія науки.

Эта роль была двоякая. Прежде всего мнемотехническая. Устанавливая логическую связь между отдѣльными фактами, а часто даже между цѣлыми областями науки, гипотезы освобождаютъ память отъ балласта разрозненныхъ свѣдѣній. Но болѣе того, изъ гипотезъ можно иногда вывести цѣнныя заключенія. Эти заключенія изслѣдователи старались провѣрять опытомъ; хотя результаты не всегда соотвѣтствовали ожиданіямъ, однако, гипотеза такимъ образомъ давала толчокъ къ новымъ опытамъ и являлась источникомъ открытій.

---

[1]) Подъ «числомъ» здѣсь подразумѣвается результатъ какого-либо измѣренія, напримѣръ, коэффиціентъ расширенія стекла.

Такого рода импульсъ оказываетъ особенно цѣнныя услуги въ тѣ періоды развитія науки, когда она углубляется въ новыя, дотолѣ неизслѣдованныя области явленій, гдѣ особенно сильно ощущается полное отсутствіе свѣта точныхъ законовъ и теорій. Въ этихъ темныхъ областяхъ гипотеза въ рукахъ изслѣдователя служитъ волшебной лампочкой, и недаромъ изслѣдователи цѣнятъ этотъ свѣтъ, пусть мерцающій и непостоянный.

Какъ извѣстно, такую фазу развитія переживала органическая химія въ серединѣ XIX столѣтія. Были извѣстны сотни органическихъ соединеній, были сдѣланы точные анализы ихъ; но классифицировать соединенія на основаніи происхожденія однихъ тѣлъ отъ другихъ въ то время еще не умѣли.

Правда, уже Либихъ и Вёлеръ указали первый путь къ классификаціи органическихъ соединеній, введя понятіе о радикалѣ, какъ неизмѣнной группѣ нѣсколькихъ элементовъ, входящей въ составъ соединенія. Но путь, намѣченный этими учеными, оставлялъ много мѣста для произвола, и за выборъ тѣхъ или иныхъ радикаловъ велась ожесточенная борьба. Въ большинствѣ случаевъ нельзя было получить радикаловъ въ свободномъ состояніи или непосредственно установить ихъ свойства. Поэтому при выборѣ радикаловъ изслѣдователи руководствовались лишь своего рода инстинктомъ, такъ называемымъ «химическимъ чутьемъ». Но, очевидно, это былъ весьма субъективный критерій.

Однако, по мѣрѣ развитія органической химіи начало обнаруживаться стремленіе къ уменьшенію общаго числа радикаловъ; это достигалось путемъ приведенія многихъ отдѣльныхъ радикаловъ къ нѣкоторымъ общимъ типамъ. Такимъ образомъ, благодаря изслѣдованіямъ Жерара и Лорана, удалось, наконецъ, свести все обширное количество радикаловъ къ сравнительно небольшому число «типовъ», а затѣмъ и эти типы привести къ двумъ лишь «первичнымъ радикаламъ». Такіе первичные радикалы были найдены въ метанѣ и бензолѣ.

Метанъ, который называется также болотнымъ газомъ, образуется въ болотахъ и угольныхъ копяхъ. Смѣсь этого газа съ воздухомъ чрезвычайно взрывчата, и ежегодно взрывы въ угольныхъ копяхъ уносятъ сотни жертвъ.

Какимъ образомъ изъ этого газа, родоначальника всѣхъ соединеній такъ называемаго жирнаго ряда, можно вывести эти соединенія, показалъ въ 1858 г. Кекуле, профессоръ Боннскаго университета.

Болотный газъ, или метанъ, состоитъ изъ двухъ элементовъ: углерода и водорода, и содержитъ

на 1 вѣсовую часть углерода 0,333 вѣсовыхъ частей водорода.

Атомный вѣсъ углерода, какъ видно изъ таблицы на стр. 164, считается равнымъ 12; помноживъ два предыдущихъ числа на 12, мы найдемъ, что въ метанѣ

на 12 частей углерода приходится 4 части водорода.

Такъ какъ атомный вѣсъ водорода считается приблизительно равнымъ единицѣ, то оказывается, что въ нашемъ углеводородѣ на одинъ атомъ углерода приходится 4 атома водорода. Пользуясь химическими символами, мы выразимъ составъ метана такъ:

$$CH_4.$$

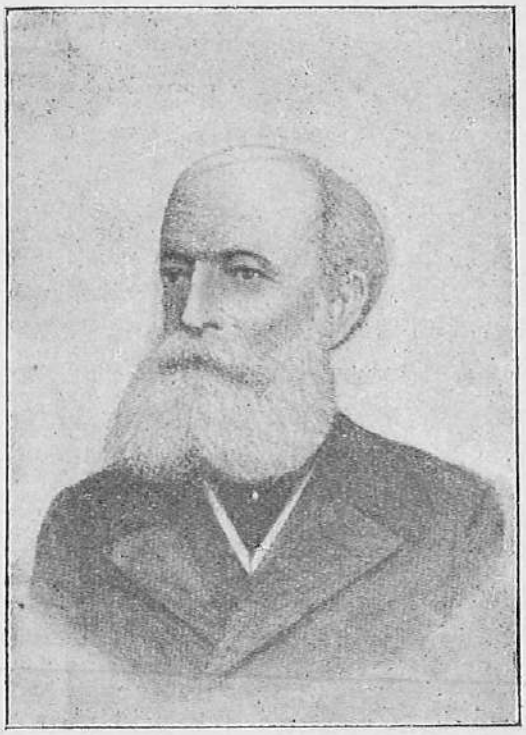
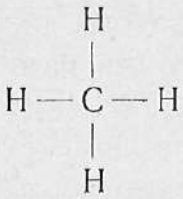
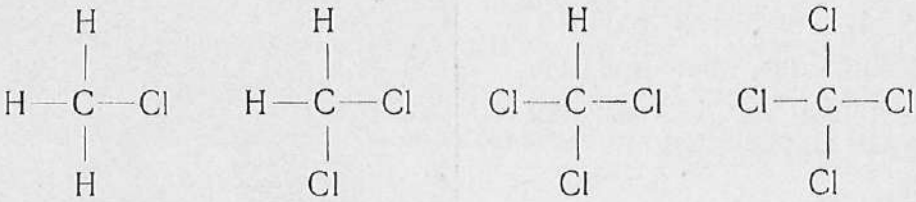


Рис. 51. Августъ Кекуле (1829—1896).

Такимъ образомъ, послѣдовательное примѣненіе атомистической гипотезы заставляетъ насъ приписать углероду способность соединиться съ четырьмя атомами водорода. Примѣняя для выраженія этой способности понятіе, введенное Франкландомъ въ 1853 г. и названное валентностью или атомностью, мы можемъ сказать, что углеродъ есть четырехатомный или четырехвалентный элементъ. Четыре сродства углерода, связывающія съ нимъ четыре атома водорода, мы изображаемъ наглядно посредствомъ четырехъ черточекъ, соединяющихъ символъ углерода съ символомъ водорода:



Далѣе, мы можемъ въ метанѣ замѣнить водородъ другимъ элементомъ, напримѣръ, хлоромъ. Смотря по количеству хлора, введенному въ метанъ, мы можемъ получить въ результатѣ замѣщенія четыре соединенія, выражаемыя формулами:

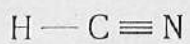


Изъ этихъ четырехъ соединеній наиболѣе извѣстно третье, содержащее три атома хлора; оно называется хлороформомъ. Аналогичнымъ же образомъ мы можемъ водородъ метана замѣнить другими элементами, напримѣръ, бромомъ или іодомъ. Полученные продукты замѣщенія не будутъ существенно отличаться отъ вышеприведенныхъ соединеній съ хлоромъ. Разница обнаруживается лишь, если въ метанѣ водородъ замѣстить кислородомъ. Отличіе сказывается въ томъ, что одинъ атомъ (или 16 вѣсовыхъ частей) кислорода замѣщаетъ два атома (двѣ вѣсовыя части) водорода. Поэтому принято говорить, что кислородъ двувалентенъ (двуатоменъ). Замѣщая водородъ метана кислородомъ, мы получаемъ слѣдующія соединенія:



муравьиный алдегидъ — и — углекислота.

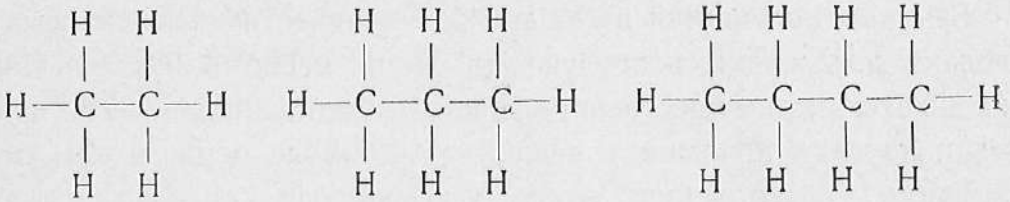
Если замѣстить водородъ азотомъ, то окажется, что азотъ трехвалентенъ; мы получаемъ соединеніе



ціанистый водородъ.

Это соединеніе, которое обыкновенно называется синильной кислотой, есть сильнѣйшій ядъ.

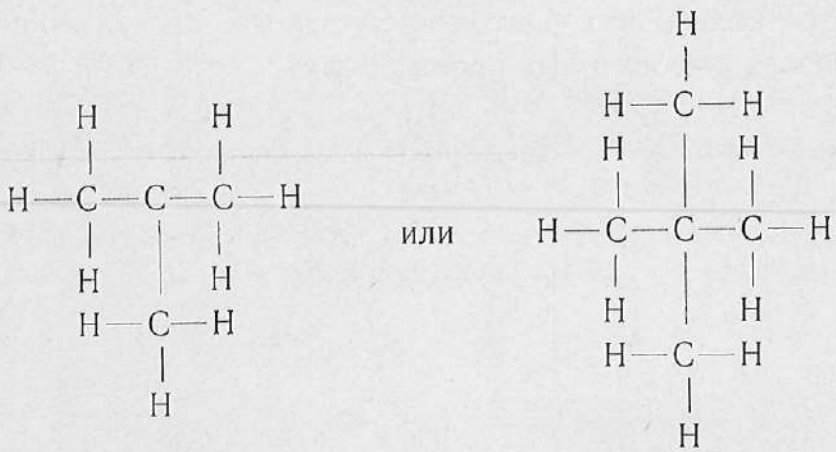
Однако, слѣдуетъ признать, что число соединеній, которыя можно подобнымъ образомъ вывести изъ метана, не велико. Но здѣсь на помощь является новое допущеніе: атомы углерода могутъ соединяться между собою подобно тому, какъ они соединяются съ атомами водорода, кислорода, азота и другихъ элементовъ. Такимъ образомъ можно получить цѣпи изъ двухъ, трехъ, четырехъ атомовъ углерода и болѣе:



этанъ пропанъ бутанъ и т. д.

Извѣстны цѣпи, содержащія до пятидесяти атомовъ углерода. Такъ, въ стеаринѣ главная составная часть содержитъ цѣпь, состоящую изъ 18 атомовъ углерода, а въ составъ воска входятъ углероды съ 46-ью атомами углерода.

Далѣе, прямыя цѣпи могутъ быть соединены съ боковыми цѣпями различной длины, напримѣръ:



метилпропанъ или диметилпропанъ.

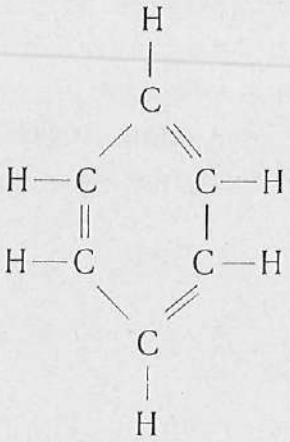
Во всѣхъ вышеуказанныхъ углеводородахъ можно по-прежнему замѣстить водородъ другими элементами или радикалами. Такимъ образомъ получается почти неисчерпаемый запасъ комбинацій, вполнѣ соотвѣтствующій множеству существующихъ въ дѣйствительности углеродныхъ соединеній.

Всѣ эти углеродистыя соединенія, формулы которыхъ можно вывести изъ формулы метана, химики обыкновенно соединяютъ

въ одну большую семью, называемую рядомъ метана или жирнымъ рядомъ. Послѣднее названіе объясняется тѣмъ, что и жиры также принадлежатъ къ этому семейству.

Вторую семью составляетъ значительное число соединеній, называемыхъ ароматическими. Ихъ тоже можно вывести изъ формулы одного углеводорода. Этимъ углеводородомъ является, однако, не метанъ, а бензолъ.

Бензолъ получается въ большихъ количествахъ на газовыхъ заводахъ изъ жидкихъ продуктовъ сухой перегонки угля. Онъ примѣняется преимущественно для изготовленія анилиновыхъ красокъ и другихъ красящихъ веществъ. Формула бензола C_6H_6 показываетъ, что молекула этого углеводорода состоитъ изъ 6 атомовъ углерода и 6 атомовъ водорода. Кекуле далъ такъ называемую структурную формулу, которая изображаетъ строеніе молекулы бензола и сохраняется во всѣхъ производныхъ бензола. Это — кольцо, состоящее изъ 6 атомовъ углерода. Каждый атомъ углерода соединенъ съ однимъ атомомъ водорода одной связью, а два сосѣднихъ атома углерода соединены между собою попеременно то одной, то «двойной» связью. Такимъ образомъ получается кольцо изъ 6 атомовъ углерода, составляющее скелетъ бензола и всѣхъ его производныхъ:



Замѣщая въ бензолѣ отдѣльные атомы водорода другими атомами или радикалами и соединяя между собою кольца, мы можемъ вывести всѣ ароматическія соединенія (число ихъ не меньше, чѣмъ число жирныхъ соединеній) изъ формулы бензола подобно тому, какъ формулы жирныхъ соединеній выводятся изъ формулы метана.

Все вышеизложенное можно вкратцѣ формулировать такъ: исходя изъ допущенія четырехатомности углерода и предполагая, что атомы углерода могутъ соединяться между собою, мы можемъ построить очень большое число формулъ; къ каждой формулѣ мы относимъ затѣмъ нѣкоторое дѣйствительное, изслѣдованное тѣло.

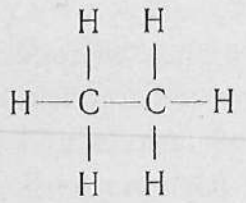
Спрашивается:

1) откуда извѣстно, какому соединенію слѣдуетъ отнести ту или иную формулу?

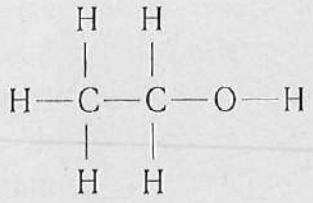
2) въ чемъ состоитъ практическая польза этой операціи?

На оба эти вопроса мы можемъ отвѣтить одновременно.

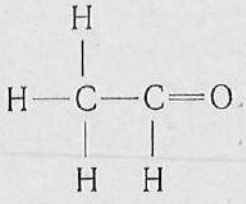
Прежде всего допустимъ, что изъ соединенія, имѣющаго опредѣленное строеніе, при замѣщеніи извѣстныхъ элементовъ и радикаловъ другими элементами и радикалами образуются всегда соединенія того же типа; другими словами, производныя даннаго соединенія обладаютъ тѣмъ же скелетомъ изъ атомовъ углерода, что и основное вещество. Основываясь на этомъ простомъ допущеніи, мы получимъ классъ тѣлъ, имѣющихъ одинаковое расположеніе атомовъ, напримѣръ:



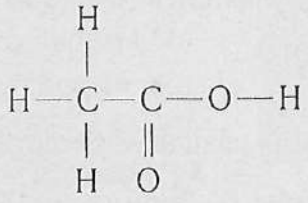
этанъ



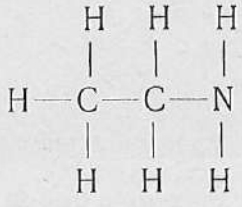
алкоголь



алдегидъ



уксусная кислота



этиламинъ.

Всѣ эти тѣла представляютъ собой производныя одного и того же вещества — этана.

Пользуясь подобнымъ родствомъ, мы можемъ съ большою степенью вѣроятности опредѣлить строеніе даннаго соединенія. Для этого достаточно превратить его въ другое соединеніе, стро-

ніе котораго намъ уже извѣстно. Обратно, тотъ же способъ начертанія формулъ органическихъ соединеній имѣетъ неоцѣнимыя качества для изображенія химическихъ реакцій. Дѣйствительно, онъ позволяетъ намъ весьма наглядным образомъ выразить положеніе даннаго вещества въ химической системѣ, принадлежность его къ извѣстной семьѣ, отношеніе его къ другимъ веществамъ, и, слѣдовательно, характеръ химическихъ превращеній, которымъ оно подвергается при взаимодѣйствіи съ различными другими соединеніями. Указанные символы, которые называются структурными формулами, служатъ краткимъ и чрезвычайно удобнымъ выраженіемъ множества отдѣльныхъ фактовъ, которые было бы весьма трудно представить въ какой-либо иной формѣ.

Этотъ способъ изображенія химическаго характера соединеній пріобрѣлъ особенное значеніе въ органической химіи, потому что въ этой области мы постоянно имѣемъ дѣло съ соединеніями, которыя нисколько не отличаются качественно, т. е. своими элементами, а часто обладаютъ даже одинаковымъ количественнымъ составомъ. Вспомнимъ явленіе «изомеріи», послужившее яблокомъ раздора между первыми двумя органиками, Либихомъ и Вёлеромъ. Оба они открыли два тѣла одинаковаго состава, но разныхъ свойствъ: гремучую кислоту и ціановую кислоту. Основываясь на структурной теоріи, нетрудно представить различіе между этими двумя тѣлами. Оно заключается въ томъ, что атомы этихъ двухъ кислотъ неодинаково расположены другъ относительно друга. Обѣ имѣютъ одну и ту же формулу HCNO. Но въ гремучей кислотѣ кислородъ связанъ съ азотомъ, а въ ціановой — съ углеродомъ:

$$C \equiv N - O - H \qquad N \equiv C - O - H$$

гремучая кислота — ціановая кислота.

Какъ я уже указалъ въ лекціи о Либихѣ и Вёлерѣ, случаи изомеріи органическихъ соединеній, которые сперва были извѣстны въ небольшомъ числѣ, скоро стали обнаруживаться все чаще и чаще. При этомъ оказалось, что количество извѣстныхъ изомеровъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ обыкновенно совпадаетъ съ числомъ возможныхъ въ данномъ случаѣ структурныхъ формулъ. Иногда число существующихъ изомеровъ

бываетъ меньше, чѣмъ требуется по структурной теоріи. Но это разногласіе можно легко объяснить тѣмъ, что нѣкоторыхъ соединеній еще не удалось получить. Но зато никогда еще не наблюдалось, чтобы число полученныхъ изомеровъ превысило число возможныхъ формулъ, что очевидно опровергало бы теорію.

Структурная теорія была принята химиками съ истиннымъ восторгомъ. Кромѣ Кекуле, для разработки и приложенія этихъ теоретическихъ воззрѣній, господствующихъ въ химіи еще и въ настоящее время, много сдѣлалъ шотландецъ Куперъ и знаменитый парижскій химикъ Вюрцъ. Но, главнымъ образомъ, основныя мысли Кекуле были развиты и разработаны знаменитымъ русскимъ химикомъ Александромъ Михайловичемъ Бутлеровымъ.

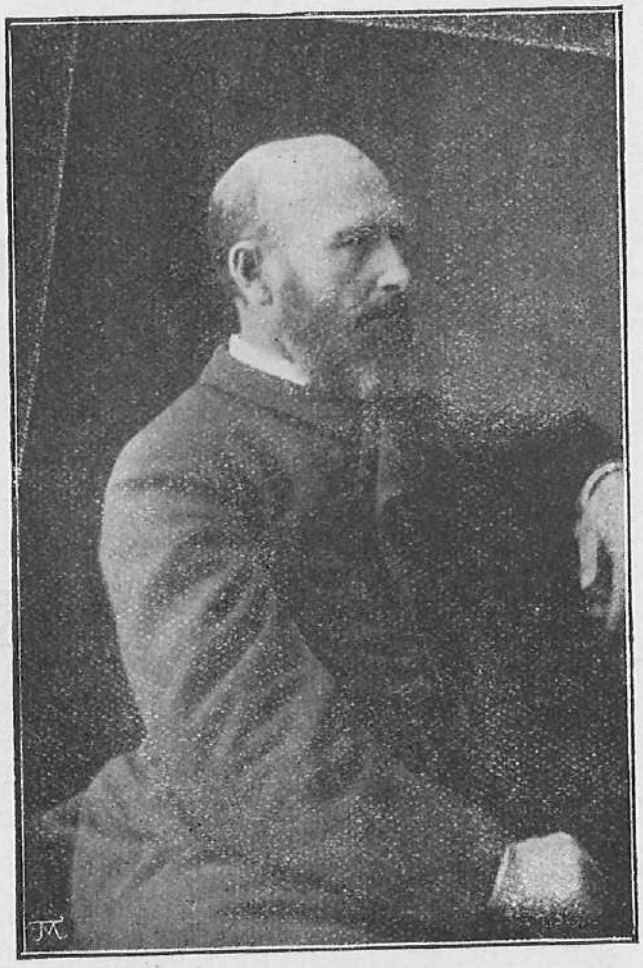


Рис. 52. Александръ Михайловичъ Бутлеровъ (1828—1886).

Бутлеровъ родился въ 1828 году., въ городѣ Чистополѣ Казанской губерніи. 16-ти лѣтъ отъ роду Бутлеровъ поступилъ въ Казанскій университетъ, химическое отдѣленіе котораго блистало въ то время такими профессорами химіи, какъ Клаусъ, извѣстный изслѣдователь платиновыхъ металловъ, открывшій элементъ рутеній, и органикъ Зининъ, который первый получилъ искусственнымъ путемъ анилинъ и другія столь же важныя соединенія. Эти химики и руководили первыми шагами Бутлерова на научномъ поприщѣ. Благодаря своимъ выдающимся способностямъ, Бутлеровъ по окончаніи университета сейчасъ же получилъ

профессорскую каѳедру, освободившуюся послѣ перехода Клауса въ Дерптскій университетъ (1852 г.). Вначалѣ Бутлеровъ не обнаруживалъ особенно плодотворной научной дѣятельности: его поглощало дѣло преподаванія, и, кромѣ того, ему недоставало руководителя, вносящаго обыкновенно въ умъ молодыхъ ученыхъ тотъ идейный ферментъ, который заставляетъ ихъ всецѣло отдать свои силы на разрѣшеніе той или другой научной проблемы. Въ этомъ отношеніи рѣшающее вліяніе на развитіе Бутлеровскаго генія и на судьбу органической химіи въ Россіи имѣла поѣздка Бутлерова за границу.

Въ 1857 г. Александръ Михайловичъ исходатайствовалъ для себя командировку съ ученой цѣлью за границу на 1 годъ и 2 мѣсяца; необходимость этой командировки онъ мотивировалъ слѣдующимъ образомъ:

> «Личныя свиданія между учеными вообще, доставляющія возможность взаимнаго обмѣна мыслей, неопровержимо полезны; но для людей, посвятившихъ себя наукѣ, въ которой практическіе способы изслѣдованій предшествуютъ выводамъ теоретическимъ, и гдѣ развитіе такъ быстро, что каждый день приноситъ новыя открытія,— этотъ обмѣнъ мыслей становится дѣломъ первой потребности».

Результаты поѣздки вполнѣ оправдали высказанное здѣсь мнѣніе. Ознакомленіе съ теоріей и практикой научной работы на западѣ дало возможность цѣлому ряду выдающихся молодыхъ талантовъ привить такіе же методы въ русскихъ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ. До послѣднихъ дней командировка молодыхъ ученыхъ за границу составляетъ лучшій способъ подготовки научныхъ силъ.

Во время своей поѣздки Бутлеровъ посѣтилъ лучшія химическія лабораторіи въ Германіи, Швейцаріи, Италіи, Франціи и Англіи. Дольше онъ оставался въ Парижѣ, гдѣ работалъ въ знаменитой лабораторіи Медицинской Школы у Вюрца, и въ Гейдельбергѣ, гдѣ приватъ-доцентомъ тогда былъ Кекуле. Такимъ образомъ онъ имѣлъ возможность близко познакомиться съ структурной теоріей и собрать запасъ идей для своей будущей научной дѣятельности въ Россіи. По возвращеніи Бутлерова въ Казань, въ стѣнахъ химической лабораторіи Казанскаго универси-

тета началась кипучая работа, плодомъ которой явились весьма обширныя и чрезвычайно важныя изслѣдованія такъ называемыхъ метиленовыхъ производныхъ, т. е. соединеній типа $CH_2 = R_2$. Разъ было найдено направленіе для научной мысли, тотчасъ явились и ученики; создалось то, что между русскими химиками принято называть Бутлеровской школой.

Въ статьяхъ Бутлерова мы впервые встрѣчаемъ вполнѣ стройное изложеніе теоріи строенія, безъ тѣхъ противорѣчій, въ которыя впадалъ Вюрцъ и даже самъ Кекуле. То же цѣльное пониманіе теоріи строенія видно и въ экспериментальныхъ изслѣдованіяхъ Бутлерова; всѣ они имѣли своей цѣлью доказать на опытѣ факты, предсказываемыя теоріей строенія. Сюда относятся изслѣдованія совершенно новыхъ случаевъ изомеріи между углеводородами, спиртами и кислотами. Бутлеровъ открылъ третичные спирты, изобутиленъ и другіе углеводороды. Всѣ эти работы сдѣланы въ Казани.

Въ 1868 г. Бутлеровъ былъ избранъ ординарнымъ профессоромъ Петербургскаго Университета. Въ Петербургѣ Бутлеровъ занимался главнымъ образомъ изученіемъ триметилуксусной кислоты и изомеріи углеводородовъ этиленоваго ряда.

Въ заключеніе нашего очерка научной дѣятельности Бутлерова приведемъ слова Н. А. Меншуткина, характеризующія Александра Михайловича, какъ человѣка и общественнаго дѣятеля:

«Гуманный, въ высокой степени справедливый Бутлеровъ откликался на все хорошее. При открытіи земскихъ учрежденій онъ былъ однимъ изъ выдающихся дѣятелей Казанскаго Земства. Когда по иниціативѣ профессора Кеслера организовались съѣзды естествоиспытателей, столь споспѣшествовавшіе научному развитію, Бутлеровъ первый является однимъ изъ наиболѣе дѣятельныхъ членовъ. Онъ чутко откликнулся на вопросъ о высшемъ женскомъ образованіи и въ продолженіе многихъ лѣтъ велъ преподаваніе химіи на Высшихъ Женскихъ Курсахъ. Старѣйшіе изъ Васъ, быть можетъ, помнятъ тотъ юношескій пылъ, съ которымъ Бутлеровъ защищалъ интересы русской науки, когда послѣднимъ грозила опасность. Какъ предсѣдателю Вольно-Эконо-

мическаго Общества, одному изъ лучшихъ русскихъ пчеловодовъ, Бутлерову были дороги интересы русскаго народа» [1]).

Съ тѣхъ поръ, какъ доказана была плодотворность теоріи строенія, старанія химиковъ были направлены къ размѣщенію извѣстныхъ и вновь открытыхъ соединеній по схемѣ структурныхъ формулъ. Съ тѣхъ поръ истинной и даже единственной задачей химіи стали считать опредѣленіе формулы строенія для каждаго органическаго соединенія какъ естественнаго, такъ и полученнаго искусственнымъ путемъ. Только послѣ установленія структурной формулы тѣло считалось вполнѣ изслѣдованнымъ. Это научное направленіе сохранилось въ органической химіи до настоящаго времени.

Необходимо, правда, признать, что этотъ взглядъ на цѣли и задачи химіи съ теченіемъ времени оказался одностороннимъ. Но, къ сожалѣнію, природа во многихъ отношеніяхъ обрекла насъ на односторонность. Наша дѣятельность въ различныхъ областяхъ обыкновенно колеблется между крайностями. Однако, нельзя отрицать, что несмотря на эту односторонность, — и, можетъ быть, именно благодаря ей, — структурное направленіе оказалось весьма плодотворнымъ.

Это относится, прежде всего, къ области синтеза органическихъ тѣлъ.

Съ 1826 года, съ той достопамятной минуты, когда Фридрихъ Вёлеръ произвелъ первый искусственный синтезъ органическаго вещества, — а именно, синтезъ мочевины изъ ея элементовъ, — наука въ теченіе многихъ лѣтъ не подвигалась дальше въ этомъ направленіи. Лишь съ половины прошлаго столѣтія начинаютъ развиваться методы, дающіе возможность отъ тѣлъ болѣе простого строенія, т. е. отъ соединеній, содержащихъ меньшее количество атомовъ углерода, перейти къ болѣе слож-

---

[1]) Памяти Александра Михайловича Бутлерова. Рѣчи, читанныя въ общемъ собраніи Русскаго Физико-Химическаго Общества 11-го января 1887 г. Н. А. Меншуткинымъ, Г. Г. Густавсономъ и В. В. Марковниковымъ. Журналъ Русскаго Физико-Химич. Общества, **19** (1887).

нымъ соединеніямъ, т. е. состоящимъ изъ большаго числа углеродныхъ атомовъ.

Въ этомъ отношеніи чрезвычайно важное значеніе имѣли опыты, предпринятые въ 1860 году знаменитымъ французскимъ ученымъ Бертело (род. въ Парижѣ въ 1827 г., умеръ тамъ же въ 1907 г.). Онъ доказалъ, что углеродъ, который при обыкновенныхъ условіяхъ не вступаетъ въ реакцію съ водородомъ, соединяется съ нимъ при температурѣ электрической дуги. Продуктомъ этого соединенія является ацетиленъ. Это—газообразный углеводородъ, который въ настоящее время добывается въ большихъ количествахъ, хотя совершенно другимъ способомъ, и примѣняется для освѣщенія наравнѣ съ обыкновеннымъ свѣтильнымъ газомъ. Оказалось, что, исходя отъ ацетилена, можно построить различныя органическія соединенія. Ацетиленъ соединяется съ водородомъ, образуя этиленъ. Присоединяя къ ацетилену водородъ и воду, получимъ алкоголь; окисленіе же ацетилена даетъ муравьиную кислоту. При нагрѣваніи ацетилена до весьма высокой температуры, онъ переходитъ въ бензолъ, тотъ самый основной продуктъ, отъ котораго ведетъ свою родословную большой рядъ ароматическихъ соединеній. Однимъ словомъ, благодаря открытіямъ Бертело, мы можемъ изъ углерода получить большое множество органическихъ соединеній, тысячи продуктовъ, имѣющихъ важное значеніе не только для теоріи, но также и для прикладной химіи и физіологіи.

Но если это открытіе неоцѣнимо въ теоретическомъ отношеніи, то его экономическое значеніе равно нулю. Дѣйствительно, чтобы получить подобнымъ путемъ граммъ масла или незначительное количество сахара, пришлось бы при различныхъ манипуляціяхъ, ведущихъ къ этой цѣли, затратить большія количества болѣе цѣнныхъ веществъ, не говоря уже о значительномъ количествѣ энергіи, которая при этихъ превращеніяхъ должна потерять свою цѣнность. Полученные этимъ путемъ продукты пришлось бы продавать на вѣсъ золота.

Тѣмъ не менѣе въ нѣкоторыхъ областяхъ химическій синтезъ пріобрѣлъ широкое практическое значеніе и способствовалъ возникновенію обширныхъ отраслей химической промышленности. Сюда относится изготовленіе ряда лѣкарствъ: антипирина,

фенацетина, сахарина и многихъ другихъ. Особенно же могущественное вліяніе химическій синтезъ оказалъ на технику

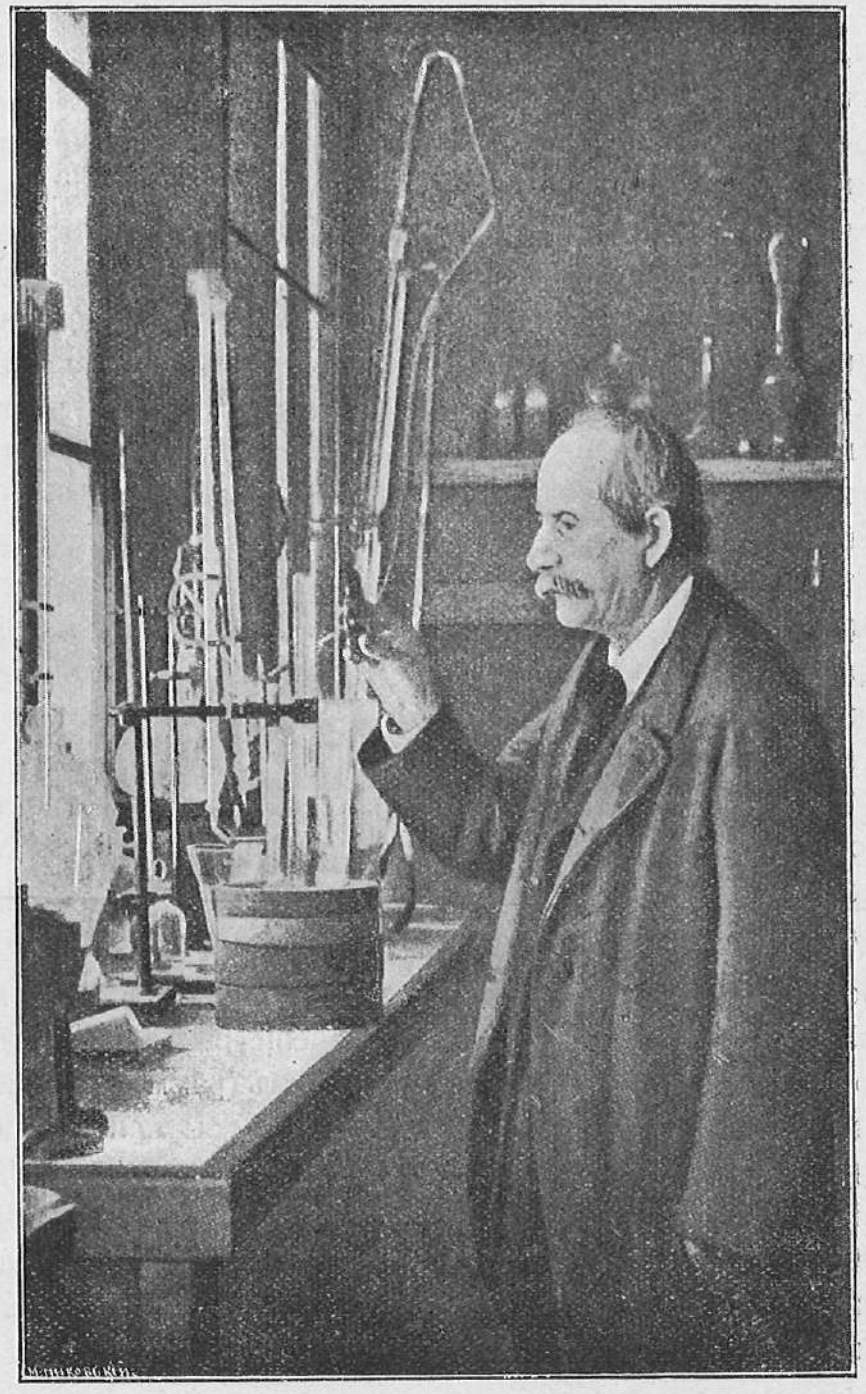


Рис. 53. Марселенъ Бертело (1827—1907).

красящихъ веществъ, давши способъ искусственнаго изготовленія красящихъ веществъ, которыя прежде добывались изъ

растеній[1]). Важнѣйшія пріобрѣтенія въ этомъ направленіи были достигнуты во вторую половину прошлаго столѣтія, когда были открыты синтезы ализарина и индиго. Въ настоящее время промышленность органическихъ красящихъ веществъ достигла колоссальнаго развитія и находится въ цвѣтущемъ состояніи; въ одной Германіи она вызвала къ существованію сотни фабрикъ и составляетъ одинъ изъ важнѣйшихъ источниковъ народнаго богатства. Въ виду этого слѣдуетъ признать вполнѣ справедливымъ, что ученое жюри, на которое возложена раздача Нобелевскихъ премій наиболѣе выдающимся ученымъ, филантропамъ и художникамъ, въ 1905 г. присудило премію по химіи (около 200000 марокъ) тому изслѣдователю, который въ этой наукѣ имѣетъ, дѣйствительно, величайшія заслуги,— Адольфу Байеру[2]).

Байеръ—сынъ полковника прусскаго генеральнаго штаба; онъ родился въ 1835 г. въ Берлинѣ. Подобно многимъ другимъ выдающимся химикамъ, Байеръ уже съ молодыхъ лѣтъ занимался химическими опытами, на которые онъ, впрочемъ, первоначально смотрѣлъ, какъ на забаву, а не науку. Когда Байеру исполнилось девять лѣтъ, онъ получилъ въ подарокъ отъ отца «Школу химіи» Штекгарта. Послѣ того онъ устроилъ себѣ химическую лабораторію, на которую тратилъ свои карманныя деньги,— 50 пфениговъ еженедѣльно. Поступивъ въ 1853 г. въ Берлинскій университетъ, Байеръ сначала избралъ предметомъ своихъ занятій физику и математику. Только впослѣдствіи, а именно,

---

[1]) Первые синтезы органическихъ красящихъ веществъ были произведены въ 1856 г. Англійскій химикъ Перкинъ первый получилъ искусственную анилиновую краску; почти одновременно съ нимъ польскій ученый Яковъ Натансонъ, профессоръ Дерптскаго университета, а затѣмъ Главной Школы въ Варшавѣ, далъ способъ полученія розанилина изъ анилина и хлористаго этилена. Это были первые зачатки производства искусственныхъ органическихъ красящихъ веществъ.

[2]) Рѣдкое изобрѣтеніе оказало столь огромное вліяніе на народное хозяйство, какъ открытіе искусственнаго ализарина. Плантаціи краппа, растенія, изъ котораго раньше получалось это красящее вещество, занимали громадныя пространства земли во Франціи, Голландіи и на югѣ Россіи. Никакія пошлины и преміи не были въ состояніи спасти этой отрасли промышленности въ борбѣ съ искусственнымъ ализариномъ; напротивъ, онѣ задержали развитіе красильной промышленности въ этихъ странахъ и были одной изъ причинъ, по которой эта промышленность получила въ Германіи такое мощное развитіе.

по отбытіи воинской повинности, Байеръ перешелъ въ Гейдельбергскій университетъ, и здѣсь сталъ заниматься спеціально химіей подъ руководствомъ Бунзена. Августъ Кекуле былъ тогда приватъ-доцентомъ Гейдельбергскаго университета. Увлеченный лекціями и симпатичной личностью Кекуле, Байеръ началъ работать въ лабораторіи этого ученаго, устроенной въ его частной квартирѣ.

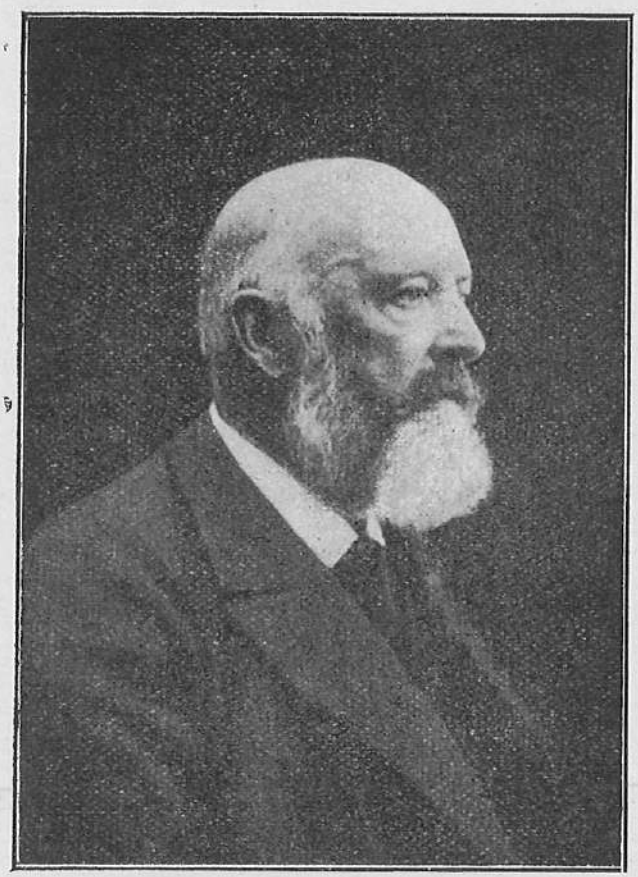


Рис. 54. Адольфъ Байеръ (р. 1835).

Предметомъ изученія были органическія соединенія мышьяка. Эти весьма ядовитыя соединенія съ теоретической точки зрѣнія необыкновенно интересны. Они именно нѣсколькими годами раньше привели Бунзена къ открытію какодиловаго радикала.

Однажды Кекуле нашелъ своего ученика съ опухшимъ лицомъ въ обморочномъ состояніи. Байеръ только-что открылъ хлористый арсенметилъ; за это открытіе онъ весьма легко могъ поплатиться жизнью, такъ какъ это соединеніе отличается чрезвычайно ядовитыми свойствами. Не взирая на опасность, Байеръ продолжалъ вести эти изслѣдованія и въ 1858 г. представилъ Берлинскому университету свою работу въ качествѣ диссертаціи на степень доктора. Но берлинскіе химики не сумѣли оцѣнить этой работы. Молодая, не успѣвшая еще развиться органическая химія была имъ еще мало знакома. Поэтому они приняли сочиненіе довольно холодно. Байеръ съ трудомъ получилъ степень доктора, да и то лишь съ удовлетворительной отмѣткой.

Послѣ этого разочарованія Байеръ возвратился къ Кекуле и вмѣстѣ съ нимъ поѣхалъ въ Гентъ, куда тотъ былъ приглашенъ на каѳедру химіи. Только въ 1860 г. Байеръ вернулся въ Берлинъ, чтобы здѣсь защитить работу для полученія степени приватъ-доцента. Онъ поступилъ преподавателемъ въ Шарлоттенбургское техническое училище, которое впослѣдствіи было переименовано въ Политехническій Институтъ. Лабораторія Байера въ училищѣ была небольшая, съ скромной обстановкой. Постепенно стали появляться, однако, ученики, желавшіе подъ руководствомъ Байера разрабатывать докторскія темы. Здѣсъ Гребе, ассистентъ Байера, и Либерманъ, ученикъ Байера, нынѣ профессоръ политехникума въ Шарлоттенбургѣ, впервые получили изъ антрацена искусственный ализаринъ. Вскорѣ это знаменитое изобрѣтеніе было патентовано, и съ тѣхъ поръ искусственныя красящія вещества стали размножаться, какъ грибы послѣ дождя.

Въ 1872 г. Байеръ былъ приглашенъ въ Страсбургъ, а три года спустя онъ получилъ приглашеніе въ Мюнхенскій университетъ, на каѳедру Либиха, которую Байеръ занимаетъ по настоящее время.

Здѣсь Байеръ въ 1878 г. получилъ изатинъ, а изъ него — искусственное индиго. Къ сожалѣнію, рамки этихъ лекцій не позволяютъ намъ представить научныя заслуги этого изслѣдователя во всемъ ихъ объемѣ. Достаточно здѣсь отмѣтить, что въ мюнхенской лабораторіи подъ руководствомъ Байера воспиталось цѣлое поколѣніе органиковъ, что всѣ они здѣсь проникались духомъ научнаго изслѣдованія, который затѣмъ переносили въ промышленность. Не подлежитъ сомнѣнію, что высокій научный уровень, на которомъ находится химическая промышленность у нѣмцевъ, и благодаря которому они занимаютъ въ этой области первое мѣсто, слѣдуетъ приписать въ значительной мѣрѣ вліянію Байеровской школы. Въ ней увидѣли свѣтъ Божій сотни изслѣдованій изъ области органической химіи, сдѣланныхъ отчасти самимъ Байеромъ, отчасти же его учениками подъ его наблюденіемъ и руководствомъ. Слѣдуетъ отмѣтить также, что еще до настоящаго дня Байеръ, несмотря на свой преклонный возрастъ, работаетъ съ такимъ же неутомимымъ рвеніемъ, какъ и прежде.

Въ то время, когда Байеръ былъ еще въ Страсбургѣ, къ нему явился одинъ изъ тѣхъ учениковъ, которые умѣютъ не только примѣнять то, чему научились отъ учителя, но обладаютъ также даромъ открывать новые пути изслѣдованія. Въ разсма-



Рис. 55. Эмиль Фишеръ (р. 1852).

триваемомъ случаѣ пути привели къ спеціальной области химіи,— именно, къ физіологической химіи.

Такимъ ученикомъ былъ Эмиль Фишеръ, родившійся въ 1852 году въ Эйскихенѣ, въ Рейнской провинціи. Фишеръ из-

учалъ химію сперва въ Боннѣ, а затѣмъ въ Страсбургѣ подъ руководствомъ Байера. Здѣсь онъ получилъ въ 1874 г. степень доктора. Когда Байеръ перешелъ въ Мюнхенскій университетъ, онъ предложилъ Фишеру должность ассистента. Въ 1882 году Фишеръ получилъ профессуру въ Эрлангенѣ, затѣмъ въ Вюрцбургѣ, и, наконецъ, въ 1892 г. былъ приглашенъ въ Берлинъ на каѳедру органической химіи, занимаемую имъ до настоящаго времени; вмѣстѣ съ тѣмъ Фишеръ состоитъ директоромъ первой химической лабораторіи университета. Труды Фишера были въ 1902 г. удостоены Нобелевской преміи.

Какъ мы знаемъ, изслѣдованія Байера произвели переворотъ въ химической техникѣ; Фишеръ же ввелъ геніальные методы синтеза непосредственно въ физіологію, проникая до самаго корня загадки жизни. Общее утвержденіе, что всѣ жизненные процессы основываются на химическихъ явленіяхъ, что химическія реакціи въ организмахъ не только сходны, но и тождественны съ реакціями, которыя мы производимъ въ пробиркахъ и ретортахъ, высказывалось уже давно и очень часто. Но опытнаго доказательства этихъ идей пришлось дожидаться довольно долго. И не безъ нѣкотораго основанія стали высказываться съ разныхъ сторонъ сомнѣнія, возможно ли будетъ когда-либо этимъ путемъ, т. е. методами чистой химіи, рѣшить вопросъ о жизни и смерти.

Огромное значеніе неутомимыхъ изслѣдованій Фишера и его учениковъ и состоитъ именно въ томъ, что они положили начало весьма успѣшному систематическому изученію важнѣйшихъ классовъ веществъ, играющихъ первостепенную роль въ жизни организмовъ.

Первыя изъ этихъ изслѣдованій касались различныхъ видовъ сахаровъ. Благодаря усовершенствованію методовъ синтеза и открытію новыхъ реагентовъ для очищенія и отличія продуктовъ синтеза, Фишеру удалось достигнуть намѣченной имъ цѣли,— построить всѣ виды естественныхъ и искусственныхъ сахаровъ, принимая за исходную точку простѣйшіе изъ нихъ: гликоль и глицеринъ. Затѣмъ Фишеръ указалъ для всѣхъ видовъ этого класса тѣлъ точныя структурныя формулы, и ввелъ такимъ образомъ эти важные физіологическіе продукты въ зданіе органической химіи въ качествѣ равноправныхъ гражданъ.

Когда же этотъ вопросъ можно было счесть исчерпаннымъ, Фишеръ обратился къ другому классу тѣлъ, — къ производнымъ мочевой кислоты, имѣющей, какъ извѣстно, важное значеніе въ физіологіи выдѣленія мочи. Еще Либихъ и Вёлеръ занимались химическимъ изслѣдованіемъ этого вещества. Байеръ посвятилъ ему цѣлый рядъ работъ. Однако, только Фишеру удалось доказать, что во всѣхъ тѣлахъ, принадлежащихъ къ этому семейству, имѣется общее ядро, которое Фишеръ назвалъ пуриномъ Синтезъ мочевой кислоты и установленіе ея отношенія къ другимъ продуктамъ того же семейства неопровержимо доказали формулу строенія пурина, равно какъ и всѣхъ его прозводныхъ.

Теперь Фишеръ приступилъ къ самымъ труднымъ, но и самымъ основнымъ вопросамъ физіологической химіи, — къ изслѣдованію бѣлковыхъ тѣлъ, этихъ основныхъ составныхъ частей живой протоплазмы, — такъ сказать, кирпичиковъ, изъ которыхъ построена живая клѣтка.

Въ 1906 году этотъ геніальный экспериментаторъ изложилъ главные результаты своихъ плодотворныхъ изслѣдованій въ весьма интересной лекціи, прочитанной имъ въ «Нѣмецкомъ химическомъ обществѣ». Окончательную цѣль, — искусственное полученіе бѣлковыхъ веществъ, — Фишеръ не считаетъ пока достигнутой даже въ отношеніи къ простѣйшимъ представителямъ этого класса. Однако, по мнѣнію Фишера, мы въ правѣ питать надежду, «что вскорѣ удастся выдѣлить въ чистомъ состояніи, и даже получить искусственно важнѣйшія составныя части естественныхъ пептоновъ и альбуминозъ».

До настоящаго времени уже достигнуты довольно существенные результаты, а именно, изучены и подробно охарактеризованы тѣ тѣла, на которыя бѣлки распадаются подъ вліяніемъ различныхъ реагентовъ; затѣмъ доказано, что мы можемъ различными способами соединять между собою эти продукты разложенія бѣлковъ, и, наконецъ, что мы можемъ написать схемы строенія полученныхъ такимъ образомъ соединеній.

Правда, многіе непосвященные, которые обыкновенно оцѣниваютъ лишь внѣшнюю сторону столь сложнаго механизма, какимъ являются химическія изслѣдованія, ожидали въ данномъ случаѣ открытія какого-то универсальнаго метода, который по-

зволялъ бы искусственно получать простыми способами самые сложные бѣлки. Но подобное желаніе неисполнимо, такъ какъ, насколько извѣстно, въ этихъ бѣлковыхъ тѣлахъ, или протеинахъ, природа достигла вершины естественнаго синтеза; предположеніе, что въ этомъ классѣ мы имѣемъ дѣло лишь съ немногими основными типами, противорѣчитъ всѣмъ даннымъ органической химіи, равно какъ и біологіи.

Но если даже мы предположимъ на минуту, что эта мечта могла бы осуществиться, необходимо все-таки признать, что осуществленіе ея не доставило бы намъ того удовлетворенія, какого многіе ожидаютъ. Фишеръ вполнѣ справедливо говоритъ объ этомъ такъ:

«Такой синтезъ я сравнилъ бы съ путешественникомъ, который, промчавшись курьерскимъ поѣздомъ по незнакомой странѣ, немного лишь можетъ сказать про нее. Въ совершенно другомъ положеніи находится синтезъ, когда онъ принужденъ двигаться впередъ шагъ за шагомъ, медленно и постепенно строя частицу бѣлка. Тогда онъ подобенъ страннику, который самостоятельно, шагъ за шагомъ ищетъ путь съ напряженнымъ вниманіемъ, и долженъ испробовать много путей, пока найдетъ правильный. Онъ въ продолжительномъ и трудномъ путешествіи изучитъ не только географію и топографію страны, но и познакомится подробно съ культурой ея жителей. Когда же путникъ, наконецъ, достигнетъ своей цѣли, то сумѣетъ оріентироваться въ каждомъ уголкѣ страны; когда онъ напишетъ о ней книгу, то и другіе сумѣютъ разобраться въ этой области».

Слѣдуетъ отмѣтить, что въ развитіи физіологической химіи, въ особенности въ области приложенія методовъ органической химіи къ рѣшенію вопросовъ физіологіи, весьма видное мѣсто принадлежитъ польскому ученому Маркеллу Ненцкому.

Ненцкій родился въ 1847 году въ Бочкахъ, въ родовомъ имѣніи, расположенномъ въ Сѣрадзкомъ уѣздѣ; онъ окончилъ Петроковскую гимназію въ историческій 1863 годъ. Событія этого года заставили его покинуть отечество, куда уже ему не суждено было вернуться. Онъ поступилъ въ Краковскій университетъ, затѣмъ перевелся въ Іену, и, наконецъ, въ Берлинъ.

Первоначально Ненцкій изучалъ филологію и философію, затѣмъ медицину и лишь потомъ взялся за химію. Это было въ то самое время, когда Адольфъ Байеръ началъ свои синтетическія изслѣдованія, и подъ его руководствомъ Ненцкій познакомился съ методами органической химіи.

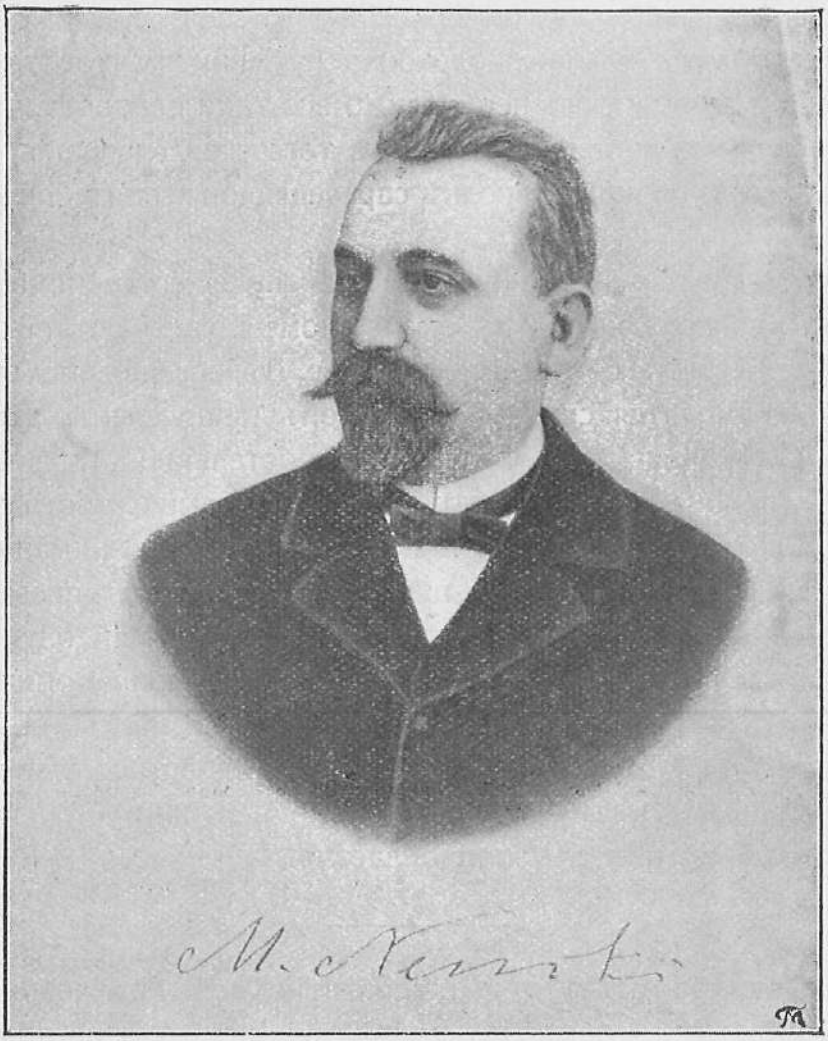


Рис. 56. Маркеллъ Ненцкій (1847—1901).

Органическая химія въ искусныхъ рукахъ Ненцкаго оказалась весьма могущественнымъ средствомъ для физіологическихъ изслѣдованій, цѣлью которыхъ было выяснить тѣ химическія явленія, которыя происходятъ безпрерывно въ животныхъ организмахъ и въ своей совокупности составляютъ то, что мы называемъ жизнью. Уже въ своихъ первыхъ работахъ молодой уче-

ный старается проникнуть въ эти загадки; его занимаютъ вопросы объ образованіи мочевины и окисленіи ароматическихъ соединеній въ животныхъ организмахъ. Работа, посвященная второму изъ этихъ вопросовъ, была издана въ 1870 г. и представляла вмѣстѣ съ тѣмъ диссертацію, за которую Ненцкій получилъ степень доктора въ Берлинскомъ университетѣ. Вскорѣ послѣ этого Ненцкій былъ приглашенъ въ качествѣ ассистента по каѳедрѣ анатоміи въ Бернскій университетъ. Здѣсь онъ оставался до 1891 г., быстро переходя черезъ ступени ученой карьеры отъ ассистента до ординарнаго профессора (въ 1877 г.).

Работы, опубликованныя Ненцкимъ въ этотъ періодъ, свидѣтельствуютъ о его чрезвычайно многостороннемъ умѣ: онѣ касаются самыхъ разнообразныхъ вопросовъ, чисто химическихъ и физіологическихъ, теоретическихъ и практическихъ, интересныхъ для врача и фармаколога.

Посреди этихъ изслѣдованій Ненцкій наткнулся на химическія явленія, происходящія въ присутствіи бактерій. Благодаря счастливой случайности, онъ въ этой новой для себя области нашелъ достойную сотрудницу въ лицѣ госпожи Н. Зиберъ. Она съ истинно женскимъ самоотверженіемъ погрузилась въ эти кропотливыя и трудныя изслѣдованія; она же впослѣдствіи вмѣстѣ съ Дзержговскимъ и Вавжинкевичемъ была сотрудницей Ненцкаго въ изслѣдованіяхъ относительно этіологіи дифтерита, холеры и другихъ болѣзней, и оставалась на своемъ посту до самой смерти профессора.

Эти работы доставили Ненцкому громкое имя въ ученомъ мірѣ. Въ 1892 году, когда въ Петербургѣ подъ покровительствомъ Принца Ольденбургскаго былъ основанъ знаменитый Институтъ экспериментальной медицины, Ненцкій получилъ почетное приглашеніе въ качествѣ руководителя химическаго отдѣленія. Этотъ институтъ былъ оборудованъ по послѣднему слову науки и техники, и съ нимъ, конечно, не могла сравняться бернская лабораторія съ ея убогой обстановкой. Это главнымъ образомъ и побудило Ненцкаго принять предложеніе и обмѣнять прекрасную Швейцарію на пасмурный Петербургъ.

Ненцкій и Зиберъ давно уже работали надъ изслѣдованіемъ состава крови. Въ Петербургѣ они эти изслѣдованія повели въ еще большемъ масштабѣ. Они открыли геминъ, установили его

формулу и изслѣдовали подробно продукты превращенія этог тѣла: гематинъ и гематопорфиринъ.

Почти одновременно другой польскій ученый Мархлевскій, нынѣ профессоръ Краковскаго университета, произвелъ въ далекомъ Манчестерѣ рядъ весьма цѣнныхъ изслѣдованій о хлорофиллѣ, зеленомъ красящемъ веществѣ растеній. Изслѣдуя хлорофиллъ, Мархлевскій сообща съ господами Шункъ добылъ изъ него тѣло, по своимъ свойствамъ совершенно сходное съ гематопорфириномъ, и первый смѣло высказалъ предположеніе, что оба эти тѣла, столь родственныя между собою, должны быть одинаковаго происхожденія. Такъ оно и оказалось въ дѣйтельности.

Ненцкій и Мархлевскій сносились между собою, работая сообща надъ этимъ вопросомъ, и въ результатѣ они получили изъ красящаго вещества растеній тотъ самый продуктъ, который давно уже былъ добытъ изъ крови.

Это изслѣдованіе, представленное въ іюнѣ 1901 Академіи Наукъ въ Краковѣ, была послѣдней работой Ненцкаго. Въ томъ же году знаменитый химикъ скончался.

Это была потеря какъ для европейской науки, такъ и въ особенности для польской, такъ какъ Ненцкій воспиталъ многихъ польскихъ химиковъ, занимающихъ теперь видное положеніе въ промышленности и наукѣ. Въ лабораторіи этого ученаго и мыслителя всегда работало много его соотечественниковъ. Ненцкій умѣлъ внушать своимъ ученикамъ любовь къ научной работѣ, интересъ къ научнымъ вопросамъ и умѣніе выбирать и примѣнять методы для ихъ рѣшенія,—тѣ самыя качества, которыми онъ въ высокой степени отличался самъ.

Бернскій университетъ, въ которомъ Ненцкій впервые выступилъ на поприще науки, еще и по другой причинѣ сталъ центромъ польской научной мысли. Въ 1890 г. на каѳедру органической химіи этого университета былъ приглашенъ Станиславъ Костанецкій. Ему химія обязана подробнымъ изученіемъ желтыхъ красящихъ веществъ, распространенныхъ въ растеніяхъ, въ особенности же бразилина и гематоксилина. Костанецкій рядомъ интересныхъ изслѣдованій доказалъ существованіе новаго красящаго радикала,—флавона; при помощи новыхъ аналитическихъ и синтетическихъ реакцій онъ открылъ связь между этими

окрашивающими веществами и тѣлами, строеніе которыхъ было извѣстно, и выяснилъ строеніе многихъ такихъ веществъ.

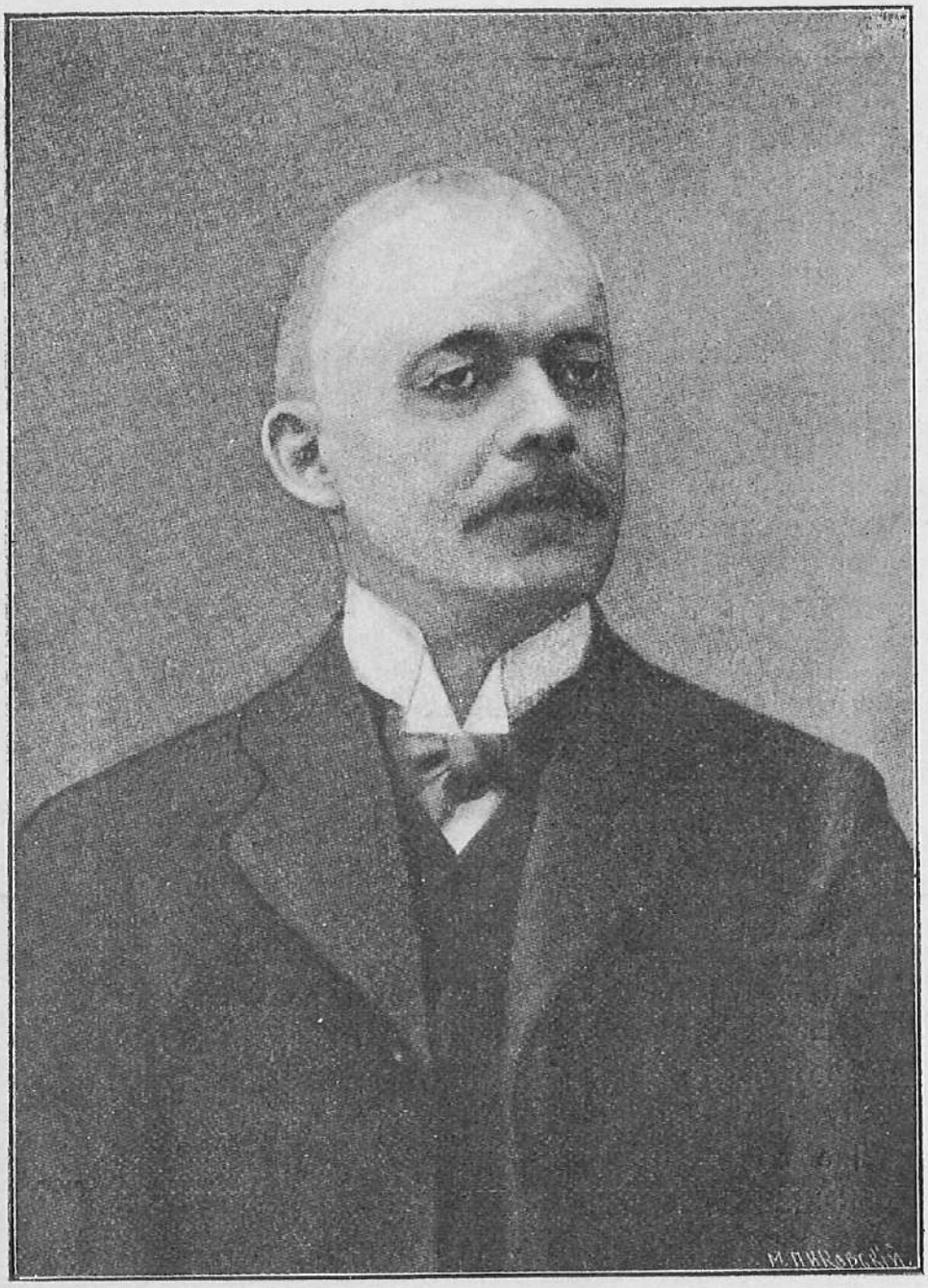


Рис. 57. Станиславъ Костанецкій (1860—1910).

Въ 1910 г. Костанецкій былъ приглашенъ въ Краковскій университетъ на каѳедру органической химіи. Увлекаемый горя-

чей любовью къ родинѣ, Костанецкій съ радостью принялъ это предложеніе. Но смерть уже подстерегала этого замѣчательнаго синтетика. По дорогѣ онъ заболѣлъ и скончался.

ИСТОЧНИКИ.

J. Natanson. Wykład chemii organicznej podług systemu unitarnego. Część I. Warszawa, 1866.

A. v. Baeyer. Gesammelte Werke. Braunschweig, 1905.

Emil Fischer. Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine. Ber. deutsch. chem. Ges. T. 39, (1906).

Emil Fischer. Synthesen in der Zuckergruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. т. 23, (1890); т. 27, (1894).

Emil Fischer. Synthesen in der Puringruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. т. 32, (1899).

Lippmann. Geschichte des Zuckers. Leipzig, 1890.

Marceli Nencki. Opera omnia, изданныя Н. Зиберъ и І. Залескимъ. Braunschweig, 1905.

J. Boguski. M. Nencki. Wszechświat, т. 16, (1897).

W. Leppert. M. Nencki. Nekrolog Chemik Polski, т. 1, (1901).

L. Marchlewski. Teorye i metody badania współczesnej chemii organicznej. Lwów, 1905.

L. Marchlewski. Z postępów badań nad barwnikiem krwi i chlorofilem. Chemik Polski, т. 5, (1905).

St. Kostanecki. Les synthèses dans les groupes de la flavone et de la chromone (1903).

St. Konstanecki. O budowie brazyliny i hematoksyliny. Chemik Polski, т. 4, (1904).

ЛЕКЦІЯ IX.

Вантъ-Гоффъ и Оствальдъ — реформаторы современной химіи.

Содержаніе: Отношеніе физики къ химіи. — Вантъ-Гоффъ. — Углеродный тетраэдръ. — Дальнѣйшая судьба стереохиміи. — Изслѣдованія въ области химической динамики. — Осмотическое давленіе и теорія растворовъ. — Приглашеніе Вантъ-Гоффа въ Берлинъ. — Стассфуртскія копи. — Молодость Оствальда. — Заслуги передъ Рижскимъ Политехническимъ Институтомъ. — Сродство. — Крѣпость кислотъ. — Углекислый свинецъ и уксусная кислота. — Изслѣдованіе химическаго сродства кислотъ. — Значеніе работъ Оствальда. — Сванте Арреніусъ и ученіе объ электропроводности растворовъ солей. — Сближеніе Оствальда съ Арреніусомъ. — 1887 годъ. — Гипотеза іоновъ. — Возраженія противъ нея и ихъ опроверженіе. — Электрохимическія работы Оствальда и его учениковъ. — Личность Оствальда. — Вторая химическая лабораторія и новый институтъ физической химіи въ Лейпцигѣ. — Каталитическія работы. — Заслуги въ систематикѣ. — Учебники и «Школа химіи». — Натурфилософія. — Отставка. — Муассанъ. — Карбиды. — Искусственное полученіе алмазовъ.

Мм. Гг.

На ряду съ органической химіей, съ теоретическими и практическими пріобрѣтеніями которой мы познакомились въ предыдущей лекціи, въ послѣднія десятилѣтія развилась новая отрасль химіи, — физическая или общая химія. Въ виду ея философскаго значенія и опытныхъ результатовъ, она въ послѣднее время выдвинулась на передній планъ.

Однако, прежде чѣмъ я позволю себѣ занять Ваше вниманіе исторіей развитія физической химіи, я долженъ сдѣлать одно замѣчаніе. Я выше назвалъ физическую химію новымъ отдѣломъ химіи. Мнѣ могутъ не безъ основанія возразить словами извѣстнаго изреченія: «ничего нѣтъ новаго подъ луной». Дѣй-

ствительно, исторія химіи на каждомъ шагу убѣждаетъ насъ, что множество основныхъ идей повторяется многократно въ

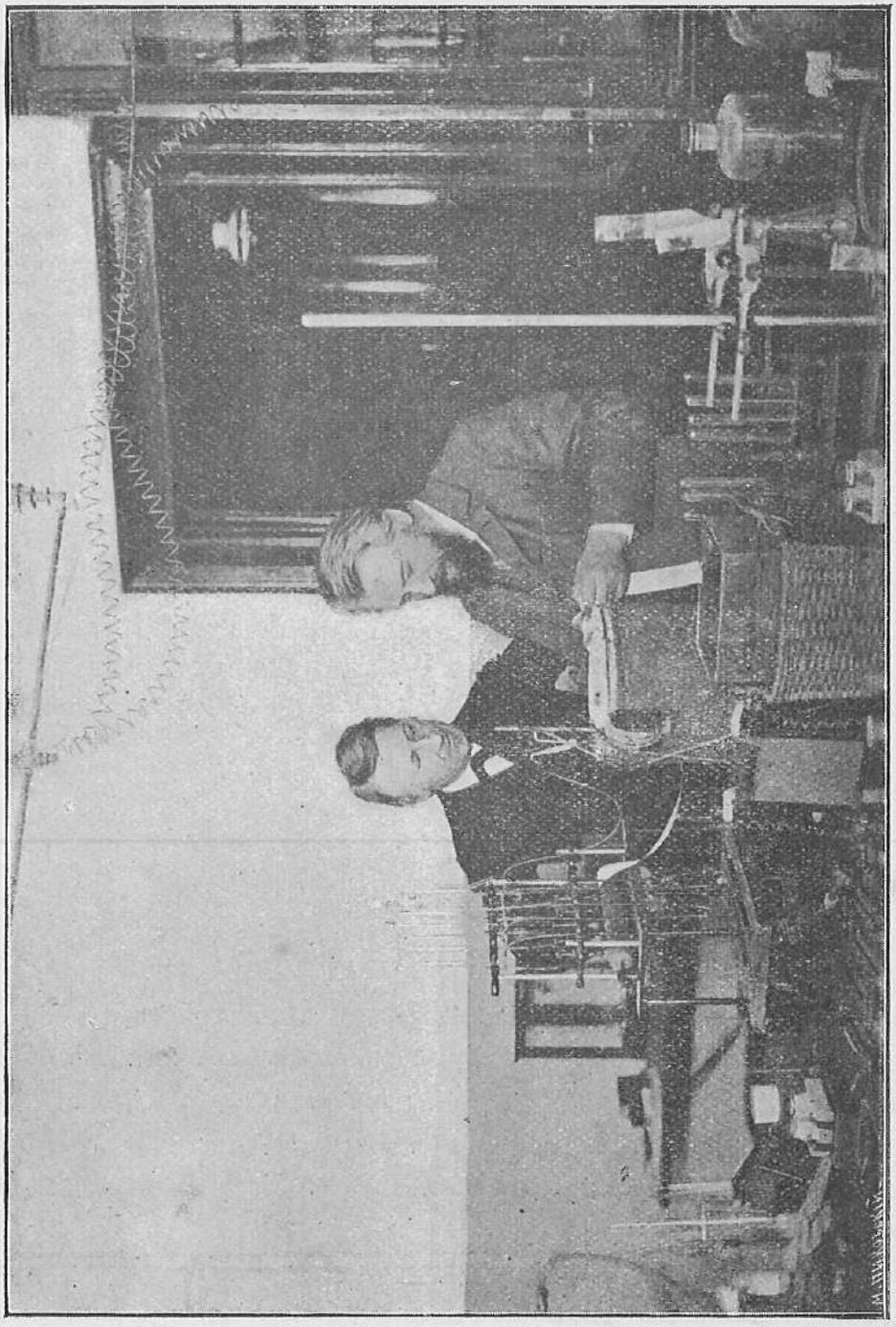


Рис. 58. Вантъ-Гоффъ и Оствальдъ (1900).

теченіе развитія науки. Мы видѣли это на многочисленныхъ примѣрахъ: таковы понятіе объ элементѣ и представленія объ

атомахъ и молекулахъ. То же самое можно сказать о принципахъ сохраненія вещества и сохраненія работы. Самыя основныя понятія и представленія современной науки въ видѣ зародышей существовали еще въ древности.

Точно такъ же и физическая химія въ дѣйствительности не такъ нова, какъ иногда предполагаютъ. Въ начальный періодъ развитія точныхъ наукъ мы не встрѣчаемъ существенной разницы между физикой и химіей. Химики пневматическаго періода Бойль, Ломоносовъ *), Кэвендишъ, Блэкъ были въ одинаковой степени физиками и химиками. Физико-химиками были также и великіе химики начала прошлаго вѣка: Гэ-Люссакъ, Дэви, Фарадэй и др. Къ физико-химикамъ слѣдуетъ причислить и значительное количество электрохимиковъ. Еще въ учебникахъ химіи первой четверти XIX столѣтія мы находимъ во главѣ химическихъ элементовъ теплородъ, свѣтородъ и электрическія жидкости, а знаменитый журналъ Поггендорфа равно какъ и французскія «Annales» одинаково охотно открываютъ свои столбцы обѣимъ родственнымъ областямъ науки. По мѣрѣ развитія аналитической химіи, а еще болѣе вслѣдствіе расцвѣта органической химіи, на первый планъ выдвигаются вопросы классификаціи соединеній, основанной на типахъ или структурныхъ формулахъ. Въ виду этого общіе физико-химическіе вопросы отступаютъ на задній планъ, а съ теченіемъ времени единственнымъ физическимъ приборомъ въ химической лабораторіи остаются вѣсы. Этотъ процессъ дифференціаціи можно прекрасно наблюдать, сравнивая два органа: вышеупомянутый ежегодникъ Поггендорфа (впослѣдствіи Видеманна) съ «Journal für praktische Chemie». По мѣрѣ того, какъ въ первомъ «чистая» физика получаетъ все большее преобладаніе, томы второго все чаще заполняются работами изъ области органической химіи.

Между тѣмъ физика подвигалась впередъ гигантскими шагами. Открытіе основныхъ законовъ энергетики, вызвавшее въ физикѣ оживленное движеніе, не осталось безъ вліянія и на химію. Все чаще ученые стараются примѣнять новые результаты физики къ рѣшенію химическихъ вопросовъ; я назову здѣсь

*) Интересно отмѣтить, что Ломоносовъ уже въ 50-хъ годахъ XVIII столѣтія читалъ курсъ «физической химіи».

только Гельмгольца, Горстманна, Гульдберга и Вааге, изслѣдованія которыхъ направили науку на новый путь. Почти одновременно Бунзенъ возвышаетъ свой предостерегающій голосъ:

— «Химикъ, который не есть также физикъ, есть ничто».

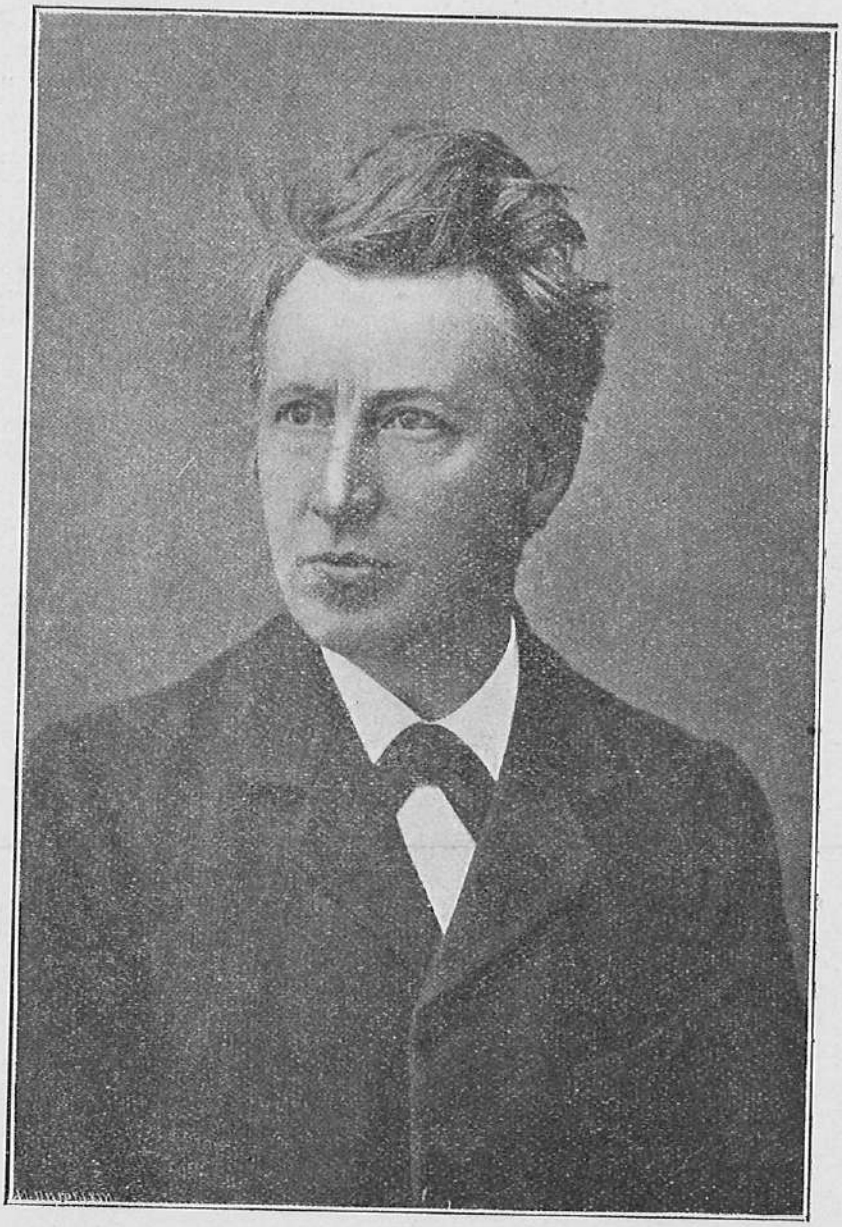


Рис. 59. Яковъ Генрихъ Вантъ-Гоффъ (1852—1911).

Однако, расцвѣтъ физической химіи начался собственно лишь съ 1880 года. Толчкомъ послужили открытія Вантъ-Гоффа.

Яковъ Генрихъ Вантъ-Гоффъ родился въ 1852 г. въ Роттердамѣ; отецъ его былъ врачемъ. Получивъ первоначальное

образованіе въ частномъ училищѣ, Вантъ-Гоффъ поступилъ въ «высшее городское училище». Такъ называются въ Голландіи реальныя училища, въ которыхъ классическіе языки замѣнены предметами, болѣе нужными въ реальной жизни. «Неправильное» образованіе впослѣдствіи не разъ было помѣхой для нашего изслѣдователя.

Окончивъ среднее учебное заведеніе, Вантъ-Гоффъ поступилъ въ политехническій институтъ въ Дельфтѣ, трехлѣтній курсъ котораго онъ окончилъ за два года со степенью технолога. Чувствуя влеченіе къ теоретическимъ наукамъ, Вантъ-Гоффъ рѣшилъ поступить въ слушатели Лейденскаго университета. Здѣсь онъ наткнулся на препятствія, такъ какъ не зналъ латинскаго и греческаго языковъ; Вантъ-Гоффу удалось поступить въ университетъ лишь по особому распоряженію министра. Такимъ образомъ онъ лишился послѣдней возможности испытать спасительное вліяніе классическаго образованія.

Тѣ годы были временемъ расцвѣта органической химіи. Центромъ умственнаго движенія въ этой области былъ Боннскій университетъ, въ которомъ Кекуле, творецъ структурной химіи, развивалъ свои геніальныя идеи. Туда направился Вантъ-Гоффъ, желавшій изучить у самаго источника новыя плодотворныя теоріи и вытекающіе изъ нихъ методы изслѣдованія.

Сѣмена богатой фантазіи Кекуле нашли въ умѣ Вантъ-Гоффа необыкновенно плодородную почву. Еще до напечатанія докторской работы, за которую Вантъ-Гоффъ впослѣдствіи (въ 1874 г.) получилъ степень доктора въ Утрехтѣ, — онъ создалъ основанія знаменитой теоріи о пространственномъ расположеніи атомовъ. Эта теорія составляетъ въ извѣстной степени вѣнецъ всей структурной химіи.

Въ предыдущей лекціи я старался изобразить картину современныхъ взглядовъ на расположеніе атомовъ въ молекулахъ органическихъ тѣлъ. Вслѣдствіе недостатка времени и скудости фактическаго матеріала, картина получилась не вполнѣ ясная и отчетливая. Тѣмъ не менѣе Вы могли убѣдиться, что, разъ мы допускаемъ существованіе атомовъ, мы должны также задуматься надъ вопросомъ объ ихъ взаимномъ положеніи, т. е. о «структурѣ» молекулы тѣла. На первый взглядъ вопросъ о «расположеніи ато-

мовъ» кажется лишь игрой воображенія. Дѣйствительно, созданіе структурныхъ образовъ соединеній требовало чрезвычайно богатой фантазіи. Послушаемъ, какъ изображаетъ этотъ процессъ созданія отецъ структурной химіи Августъ Кекуле:

— «Во время пребыванія въ Лондонѣ я долгое время жилъ на Clapham-road, вблизи Коммона. Вечера я проводилъ обыкновенно въ Islington, на противоположномъ концѣ громаднаго города, у моего друга Гуго Миллера. Здѣсь мы бесѣдовали на разныя темы, а чаще всего о нашей возлюбленной химіи. Въ одно прекрасное воскресеніе я возвращался съ послѣднимъ омнибусомъ по улицамъ города, обыкновенно столь оживленнымъ, а теперь совершенно пустыннымъ. По обыкновенію я сидѣлъ «outside», т. е. на крышѣ омнибуса. Я предался грёзамъ. Передъ моими глазами кружились атомы. Часто я рисовалъ себѣ въ воображеніи движенія этихъ маленькихъ существъ, но до того времени никогда не удавалось мнѣ прослѣдить, какого рода были эти движенія. Сегодня я видѣлъ ясно, какъ здѣсь и тамъ два маленькихъ атома соединялись въ пару, какъ бо́льшіе атомы обнимали по два меньшихъ, еще бо́льшіе держали въ объятіяхъ по три или четыре, и какъ все это кружилось въ вихревомъ танцѣ. Я видѣлъ, какъ бо́льшіе атомы образовывали ряды, на концѣ которыхъ висѣли меньшіе атомы. Словомъ, я видѣлъ то же, что такъ прекрасно изобразилъ мой почтенный учитель и другъ Коппъ въ своемъ «мірѣ молекулъ», но я видѣлъ все это гораздо раньше, чѣмъ онъ. Голосъ кондуктора, выкрикивающаго «Clapham-road» разбудилъ меня посреди этихъ грёзъ. Но придя домой, я просидѣлъ часть ночи, набрасывая эти картины въ общихъ чертахъ. Такъ возникла структурная теорія».

Да, господа, структурная химія есть плодъ воображенія, какъ всякое твореніе художника, какъ всякое геніальное открытіе ученаго. Но изъ этого продукта фантазіи удалось вывести реальныя заключенія, и эти заключенія удивительнымъ образомъ отражаютъ явленія дѣйствительнаго міра.

Мы видѣли уже въ предыдущей лекціи, какъ точно согласуется число образовъ, соотвѣтствующихъ каждой химической формулѣ, съ числомъ дѣйствительно извѣстныхъ соединеній. Именно благодаря этому, структурныя формулы, немалое число которыхъ я выписалъ предъ Вами въ предыдущей лекціи, пред-

ставляютъ прекрасное средство для нагляднаго изображенія многочисленности «изомеровъ».

Въ одинъ прекрасный день изслѣдованіе открыло въ царствѣ изомеріи первыя исключенія изъ общаго закона. Эти именно исключенія дали Вантъ-Гоффу поводъ къ геніальному углубленію структурной химіи.

То были пары соединеній, одинаковыхъ по химическому составу и даже по физическимъ свойствамъ, и лишь въ одномъ отношеніи обнаруживавшихъ удивительную противоположность: въ дѣйствіи поляризованнаго свѣта. Если поляризованные лучи свѣта, которые легко получить, пропуская обыкновенный свѣтъ сквозь кварцевую пластинку, введемъ въ растворъ одного изъ двухъ разсматриваемыхъ соединеній, то можно замѣтить, что наша жидкость отклоняетъ плоскость поляризаціи. Если одно изъ нашихъ двухъ соединеній отклоняетъ плоскость поляризаціи на нѣкоторое число градусовъ влѣво, то другое, какъ оказывается, отклоняетъ ее на такое же число градусовъ вправо. Представители каждой пары оптически дѣятельныхъ тѣлъ находятся въ такомъ отношеніи другъ къ другу, какъ предметъ и его изображеніе въ зеркалѣ. Что́ для одного является правымъ, то для другого — лѣвымъ. Поэтому принято такія вещества называть оптическими антиподами.

Вантъ-Гоффъ познакомился съ этими антиподами въ Парижѣ, гдѣ онъ послѣ полученія докторской степени работалъ въ лабораторіи Вюрца, а также Пастёра. Основываясь на существованіи оптическихъ антиподовъ, двадцатилѣтній юноша создалъ гипотезу, которая вскорѣ принесла обильные плоды.

— «Если признать существованіе атомовъ, то, разсматривая ихъ расположеніе, необходимо согласиться, что это есть расположеніе пространственное. Необходимо представлять себѣ атомы въ видѣ пространственныхъ*) тѣлъ, необходимо расположить ихъ въ пространствѣ, чтобы представить себѣ строеніе молекулъ. Въ качествѣ простѣйшаго примѣра возьмемъ метанъ, углеводородъ, состоящій изъ одного атома углерода и четырехъ атомовъ водорода. Расположеніе этихъ атомовъ проще всего представить себѣ въ видѣ четырехгранника, въ серединѣ котораго помѣстимъ атомъ углерода, а въ четырехъ вершинахъ — остальные атомы водорода».

*) т. е. трехмѣрныхъ.

Таково основное допущеніе, изъ котораго вытекаютъ дальнѣйшія слѣдствія. Если четыре атома, связанные съ атомомъ углерода, не будутъ одинаковы, какъ въ метанѣ, но различны,— то мы получимъ два сходныхъ, но не конгруэнтныхъ четырехгранника; они не могутъ быть совмѣщены. Такіе два тетраэдра относятся между собой, какъ предметъ и его зеркальное изображеніе.

Вантъ-Гоффу удалось доказать, что всѣ извѣстныя тѣла, обладающія способностью отклонять плоскость поляризаціи

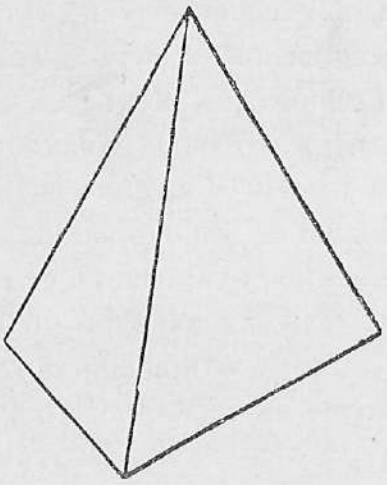


Рис. 60. Тетраэдръ.

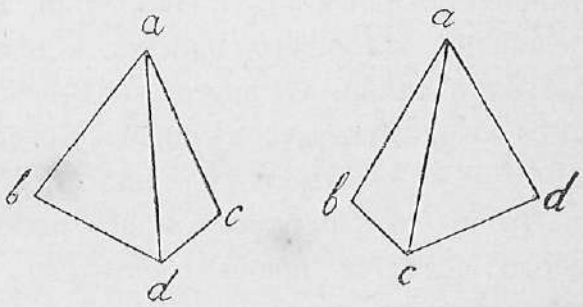


Рис. 61. Два симметричныхъ тетраэдра.

вправо или влѣво, имѣютъ, по крайней мѣрѣ, одинъ асимметричный атомъ углерода, т. е. атомъ, связанный съ четырьмя различными атомами или различными группами атомовъ. Съ тѣхъ поръ число вновь открываемыхъ оптически дѣятельныхъ тѣлъ возрастаетъ чрезвычайно быстро. Въ 1894 г. двое изслѣдователей, имена которыхъ особенно тѣсно связаны съ здѣшней лабораторіей,—Бишофъ и Вальденъ—опубликовали обширный томъ, посвященный стереохиміи, т. е. наукѣ о расположеніи атомовъ въ пространствѣ. Въ этомъ трудѣ собрано уже нѣсколько сотъ оптически дѣятельныхъ органическихъ соединеній, которыя всѣ безъ исключенія подтверждаютъ допущеніе Вантъ-Гоффа. Эти соединенія играютъ въ химіи весьма важную роль: къ нимъ, напримѣръ, принадлежатъ важнѣйшіе физіологическіе продукты, какъ сахары, бѣлки, алкалоиды и др.

Можно было бы подумать, что плодотворная гипотеза о пространственной структурѣ молекулъ сейчасъ же снискала ея

творцу всеобщее одобреніе. Въ дѣйствительности же случилось обратное. Кольбе, профессоръ химіи въ Лейпцигскомъ университетѣ и редакторъ журнала «Journal für praktische Chemie», высказалъ о гипотезѣ Вантъ-Гоффа слѣдующее мнѣніе:

«Въ недавно напечатанной статьѣ я указалъ на отсутствіе общаго и основательнаго химическаго образованія, какъ на причину упадка, наблюдаемаго теперь въ химическихъ изслѣдованіяхъ въ Германіи. Этотъ недостатокъ, которымъ во вредъ наукѣ страдаетъ значительное число нашихъ профессоровъ химіи, вызываетъ размноженіе приверженцевъ натурфилософіи, желающей казаться ученой и плодотворной, въ дѣйствительности же тривіальной и безсмысленной. Побѣжденная пятьдесятъ лѣтъ тому назадъ духомъ точнаго изслѣдованія природы, натурфилософія въ настоящее время снова выпущена псевдо-естествоиспытателями изъ клѣтки, предназначенной для храненія отбросовъ человѣческаго ума. Нарядивъ эту кокотку въ модныя одежды и покрывъ ея лицо бѣлилами и румянами, они хотятъ провести ее въ порядочное общество, въ которомъ для нея нѣтъ мѣста.

Кому эти опасенія покажутся преувеличенными, пусть прочтетъ (если можетъ) недавно вышедшее фантастическое сочиненіе господъ Вантъ-Гоффа и Германна о расположеніи атомовъ въ пространствѣ. Я умолчалъ бы объ этомъ трудѣ, какъ о многихъ другихъ, ему подобныхъ, если бы одинъ выдающійся химикъ[1]) не оказалъ этой затѣѣ своего покровительства, восхваляя ее, какъ научную работу.

Нѣкоему доктору Вантъ-Гоффу, занимающему должность въ Утрехтскомъ ветеринарномъ училищѣ, очевидно, не по вкусу точныя химическія изслѣдованія. Онъ счелъ болѣе пріятнымъ сѣсть на Пегаса (вѣроятно, взятаго на прокатъ изъ ветеринарнаго училища) и повѣдалъ міру въ своей «La chimie dans l'espace» то, что онъ узрѣлъ съ химическаго Парнасса, достигнутаго имъ въ смѣломъ полетѣ, — расположеніе атомовъ въ пространствѣ вселенной».

Такого рода критика не могла возбудить въ критикуемомъ охоты къ дальнѣйшимъ изысканіямъ. Но, быть можетъ, она ока-

---

[1]) Вислиценусъ, преемникъ Кольбе по лейпцигской каѳедрѣ.

зала и благопріятное вліяніе, а именно, благодаря ей, можетъ быть, Вантъ-Гоффъ оставилъ сферу атомистической гипотезы и перешелъ въ область точныхъ опытныхъ изслѣдованій.

Вантъ-Гоффа особенно интересовали вопросы, касающіеся скорости химическихъ реакцій. Уже поверхностное наблюденіе учитъ насъ, что химическія явленія въ большинствѣ случаевъ не происходятъ внезапно, моментально, но требуютъ времени. Поэтому мы можемъ говорить о скорости химическихъ реакцій въ такомъ же смыслѣ, въ какомъ физика примѣняетъ это понятіе къ физическимъ явленіямъ, напримѣръ, къ движенію или свѣту. Всѣмъ извѣстные примѣры свидѣтельствуютъ о важномъ значеніи понятія скорости реакцій какъ въ теоріи, такъ и въ практикѣ. Извѣстно, что водородъ и кислородъ, нагрѣтые до высокой температуры (около 650°) соединяются между собою, при чемъ происходитъ взрывъ. Но тѣ же газы могутъ соединяться и ниже температуры воспламененія. При температурѣ въ 300° ихъ соединеніе длится нѣсколько мѣсяцевъ. При обыкновенной же температурѣ эта реакція происходитъ столь медленно, что мы не въ состояніи ее обнаружить. Ясно, что мы имѣемъ полное право различать быстрыя и медленныя реакціи, что можно установить весьма длинный рядъ различныхъ скоростей, начиная отъ мгновеннаго взрыва и кончая медленнымъ окисленіемъ органическихъ тѣлъ, которое можетъ длиться цѣлые годы и даже столѣтія.

Основной законъ, опредѣляющій зависимость между скоростью химическихъ превращеній и состояніемъ вещества, участвующаго въ этихъ превращеніяхъ, установленъ двумя шведскими изслѣдователями: Гульдбергомъ и Вааге. Этотъ законъ, открытый ими еще въ 1867 году гласитъ: скорость реакціи прямо пропорціональна дѣйствующимъ массамъ, т. е. концентраціи взаимодѣйствующихъ тѣлъ.

Вантъ-Гоффъ не зналъ объ изслѣдованіяхъ Гульдберга и Вааге и самостоятельно открылъ этотъ законъ, доказалъ его общность и указалъ его отношеніе къ атомистической гипотезѣ, равно какъ и къ законамъ энергетики. Въ своемъ классическомъ трудѣ «Études de dynamique chimique» Вантъ-Гоффъ описалъ рядъ весьма интересныхъ и, можно сказать, артистически выполненныхъ опытовъ, и предложилъ геніальную по про-

стотѣ теорію разсматриваемыхъ явленій. Впервые этотъ трудъ появился въ печати въ 1884 г.

Всего черезъ годъ мы видимъ Вантъ-Гоффа поглощеннымъ вопросами изъ совершенно другой области физической химіи, а именно, вопросомъ о растворахъ. Этотъ отдѣлъ науки былъ совершенно заброшенъ съ того времени, какъ химія занялась исключительно изученіемъ химическихъ соединеній. Такъ какъ растворы, въ противоположность постояннымъ химическимъ соединеніямъ, отличаются перемѣннымъ составомъ, то химики въ погонѣ за тѣлами постояннаго состава совершенно игнорировали растворы. Физики же не занимались этими системами, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ не представляли себѣ той глубокой пропасти, которая отдѣляетъ растворы отъ чистыхъ тѣлъ, т. е. химическихъ индивидовъ. Такимъ образомъ, эта обширная область была совершенно заброшена, пока, наконецъ, благодаря союзу физики съ химіей, изслѣдователи не обратили должнаго вниманія на основные вопросы, касающіеся теоріи растворовъ.

Первый толчокъ въ этомъ направленіи дала ботаника. Ботаникамъ давно было извѣстно, что въ растительныхъ клѣткахъ имѣютъ мѣсто высокія давленія, доходящія иногда до десятковъ атмосферъ. Эти высокія давленія сперва считались проявленіемъ таинственныхъ свойствъ живой клѣтки. Только Пфефферъ (1877) разбилъ этотъ предразсудокъ, построивъ изъ глины искусственную клѣтку, которая обнаруживала такія же самыя давленія.

Приборъ, изображенный на рисункѣ 62, въ принципѣ сходенъ съ приборомъ Пфеффера. Онъ состоитъ изъ стекляннаго цилиндра, нижнее отверстіе котораго закрыто пергаментной перепонкой. Въ верхнее отверстіе цилиндра вставлена резиновая пробка, сквозь которую проходитъ стеклянная трубка. Этотъ цилиндръ я наполняю растворомъ сахара, закрываю пробкою и вставляю въ сосудъ съ водою. Посмотримъ, что произойдетъ. Сквозь пергаментную перепонку чистая вода извнѣ просачивается внутрь цилиндра. Эта вода смѣшивается съ растворомъ сахара, а такъ какъ цилиндръ закрытъ пробкой, то вода поднимается въ трубкѣ, что̀ мы можемъ наблюдать непосредственно. Такимъ образомъ возникаетъ разность давленій, которая измѣряется высотою водяного столба въ трубкѣ. Чтобы легче было

слѣдить за уровнемъ воды въ трубкѣ, я прилилъ къ раствору въ трубкѣ нѣсколько капель окрашенной жидкости (раствора іода въ бензолѣ). Теперь я отмѣчаю высоту жидкости въ трубкѣ посредствомъ черточки на листѣ бумаги, прикрѣпленномъ къ трубкѣ; по этой черточкѣ можно видѣть, насколько повышается уровень воды въ трубкѣ.

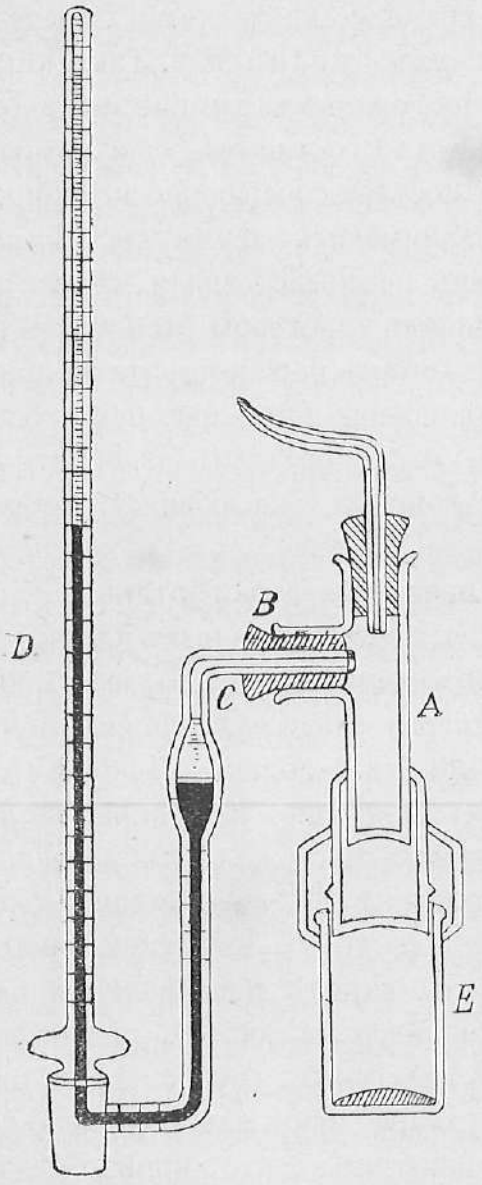


Рис. 62. Осмотическое давленіе.

Является вопросъ, почему растворъ подъ вліяніемъ давленія не просачивается сквозь пергаментъ наружу. Оказывается, что эта перепонка, легко пропускающая воду, не пропускаетъ растворенная въ ней сахара. Благодаря именно этому свойству перепонки въ клѣткѣ Пфеффера, мы имѣемъ возможность обнаружить давленія, существующія въ растворахъ. Это давленіе, производимое растворами на всякую полупроницаемую оболочку, получило названіе осмотическаго давленія. Пфефферъ измѣрилъ это давленіе въ цѣломъ рядѣ растворовъ посредствомъ болѣе точнаго прибора, состоявшаго изъ глинянаго, соотвѣтственнымъ образомъ приспособленнаго цилиндра, и изслѣдовалъ зависимость давленія отъ температуры и концентраціи раствора.

Полученные имъ результаты вначалѣ интересовали исключительно ботаниковъ; Вантъ-Гоффъ впервые узналъ объ этихъ результатахъ на прогулкѣ, изъ бесѣды съ извѣстнымъ ботаникомъ Де Фризомъ, и сразу почувствовалъ, что въ этихъ простыхъ фактахъ скрывается зародышъ общей теоріи растворовъ.

Давленіе растворовъ, обнаруживающееся въ явленіи осмоса, сходно съ давленіемъ газовъ. Разница состоитъ лишь въ томъ, что газъ производитъ давленіе на всякія стѣнки, растворъ же — только на полупроницаемыя стѣнки. Но аналогія между давленіемъ газа и давленіемъ раствора распространяется на мельчайшія подробности. Дѣйствительно, числа, представляющія величину осмотическаго давленія раствора, съ одной стороны, и обыкновеннаго давленія газа — съ другой, оказываются одинаковыми, если обѣ системы находятся въ одинаковыхъ условіяхъ. Точно также и количественные законы, выражающіе зависимость обоихъ давленій отъ пространства, занимаемаго растворомъ или газомъ, отъ температуры, наконецъ, отъ природы растворяемаго тѣла или газа, вполнѣ тождественны. Однимъ словомъ мы можемъ утверждать, что состояніе тѣлъ въ растворѣ вполнѣ сходно съ состояніемъ тѣхъ же тѣлъ въ газообразномъ видѣ. По истинѣ въ исторіи развитія науки рѣдко встрѣчается такое совпаденіе двухъ вполнѣ различныхъ областей явленій, какъ эта аналогія между растворами и газами.

Когда у Вантъ-Гоффа возникла мысль объ этой аналогіи, въ его распоряженіи былъ весьма скудный и не особенно точный матеріалъ, который исчерпывался измѣреніями Пфеффера. Требовалось много смѣлости, чтобы на этомъ шаткомъ основаніи воздвигнуть теорію столь огромной важности. Однако всѣ болѣе точныя измѣренія, произведенныя впослѣдствіи, вполнѣ подтвердили правильность теоріи Вантъ-Гоффа. Болѣе того, слѣдствія, вытекающія изъ аналогіи растворовъ и газовъ, оправдались на опытѣ во всевозможныхъ случаяхъ, относящихся къ самымъ разнообразнымъ областямъ физики и химіи. При помощи новой теоріи удалось не только объяснить много свойствъ растворовъ, но и опредѣлить количественно величины, которыми характеризуются важнѣйшія изъ этихъ свойствъ, какъ упругость пара, температура кипѣнія и замерзанія и т. д. Во всѣхъ этихъ случаяхъ результаты измѣреній вполнѣ совпадали съ теоріей.

Лишь одна категорія тѣлъ упорно не поддавалась теоріи Вантъ-Гоффа. Это были растворы обыкновенныхъ солей, а также кислотъ и основаній. Свойства этихъ растворовъ во всѣхъ отношеніяхъ противорѣчили требованіямъ теоріи. Эти же самыя

тѣла отличаются способностью проводить электрическій токъ; подъ вліяніемъ электрическаго тока эти тѣла разлагаются, и въ виду этого еще Фарадэй назвалъ ихъ электролитами. Эти электролиты вносили непріятный диссонансъ въ прекрасную гармонію теоріи растворовъ.

Между тѣмъ успѣло выясниться также значеніе первыхъ работъ Вантъ-Гоффа. Въ изслѣдованіяхъ П. И. Вальдена, а также въ синтезахъ сахаровъ Эмиля Фишера допущенію о тетраэдрической формѣ углероднаго атома пришлось подвергнуться всестороннему испытанію. Это испытаніе сошло для гипотезы весьма благополучно: скептицизмъ отступилъ на задній планъ и смѣнился общимъ признаніемъ первостепенныхъ заслугъ автора. Съ 1878 года по 1894-ый Вантъ-Гоффъ занималъ каѳедру химіи въ Амстердамскомъ университетѣ. Въ 1894 г. Вантъ-Гоффъ получилъ приглашеніе въ Берлинскую Академію Наукъ на спеціально для него созданную должность въ Академіи Наукъ. Здѣсь Вантъ-Гоффъ, свободный отъ лекцій и многочисленныхъ экзаменовъ, которые для профессора не менѣе утомительны, чѣмъ для студентовъ, могъ всецѣло отдаться научнымъ изслѣдованіямъ. Онъ поставилъ себѣ столь же трудную, сколько и важную задачу: изслѣдованіе происхожденія соляныхъ залежей въ Стассфуртѣ. Этотъ сложный вопросъ удалось до нѣкоторой степени рѣшить благодаря тщательнымъ опытамъ Вантъ-Гоффа и его учениковъ, способствовавшимъ раскрытію условій равновѣсія различныхъ солей въ насыщенныхъ растворахъ. Хотя вопросъ и до настоящаго времени не можетъ еще считаться вполнѣ исчерпаннымъ, но и то, что уже сдѣлано, показало, что физическая химія можетъ быть примѣнена съ большимъ успѣхомъ для рѣшенія геологическихъ вопросовъ.

Научныя заслуги Вантъ-Гоффа были увѣнчаны Нобелевской преміей. Весною 1911 года онъ скончался отъ болѣзни легкихъ, всего 59-ти лѣтъ отъ роду.

При знакомствѣ съ работами этого изслѣдователя обращаютъ на себя вниманіе два обстоятельства: многосторонность разработанныхъ вопросовъ и быстрота, съ какой они были рѣшены. Эти два признака характерны для перваго періода развитія всякой отрасли науки. Въ такой первоначальной стадіи находилась физическая химія въ предпослѣднее десятилѣтіе прошлаго вѣка.

Однако, принимая даже во вниманіе это обстоятельство, нельзя не замѣтить, что признаніе теорій Вантъ-Гоффа и ихъ, такъ сказать, канонизированіе совершилось весьма быстро, чего нельзя сказать объ открытіяхъ, сдѣланныхъ другими корифеями точныхъ наукъ. Причина этого факта заключается въ томъ, что почти одновременно съ Вантъ-Гоффомъ выступилъ другой ученый, который способствовалъ развитію химіи не только своими собственными изслѣдованіями, но сумѣлъ также объединить изслѣдованія другихъ въ одно цѣлое, выдвигая чужія заслуги съ безпристрастіемъ, рѣдкимъ въ исторіи науки. Этотъ ученый родился именно здѣсь — въ Ригѣ; здѣсь онъ написалъ свои важнѣйшіе труды, и въ здѣшнемъ Политехническомъ Институтѣ состоялъ въ теченіе длиннаго ряда лѣтъ профессоромъ и руководителемъ лабораторіи.

Вильгельмъ Оствальдъ родился въ Ригѣ въ 1853 году. Отецъ его Готфридъ Вильгельмъ былъ бондаремъ. Впослѣдствіи онъ сдѣлался предсѣдателемъ цеха, а затѣмъ интендантомъ кладбища.

Оствальдъ получилъ первоначальное образованіе въ училищѣ извѣстнаго въ тѣ времена г. Фромма и затѣмъ поступилъ въ реальную гимназію. Профессоръ Вальденъ, издавшій недавно интересную біографію Оствальда по случаю 25-лѣтія его научной дѣятельности, говоритъ, что Оствальдъ не былъ примѣрнымъ ученикомъ. Дѣйствительно, хотя эта гимназія, въ курсъ которой входило также немного латыни, состояла всего изъ 5 классовъ, Оствальду пришлось пробыть въ ней семь лѣтъ. Болѣе, чѣмъ латынь и другіе обязательные предметы, его занимало пиротехническое искусство. Вскорѣ изготовленіе фейерверковъ стало производиться въ большомъ масштабѣ. За этимъ послѣдовала эра химическихъ опытовъ въ кухнѣ матери. Нетрудно представить себѣ, что кухонная посуда при этихъ опытахъ получала самыя неожиданныя примѣненія. О разныхъ непріятностяхъ, вызванныхъ этимъ двоякимъ функціонированіемъ кухни, я лучше умолчу. Помимо этихъ упражненій, юный Оствальдъ не былъ врагомъ и нѣкоторыхъ другихъ развлеченій: извѣстная гостиница «Городъ Варшава», усердно посѣщаемая гимназистами, могла бы разска-

зать намъ, съ какой страстью будущій реформаторъ химіи предавался билліардной игрѣ.

Наконецъ, въ 1871 году Оствальдъ выдержалъ выпускной

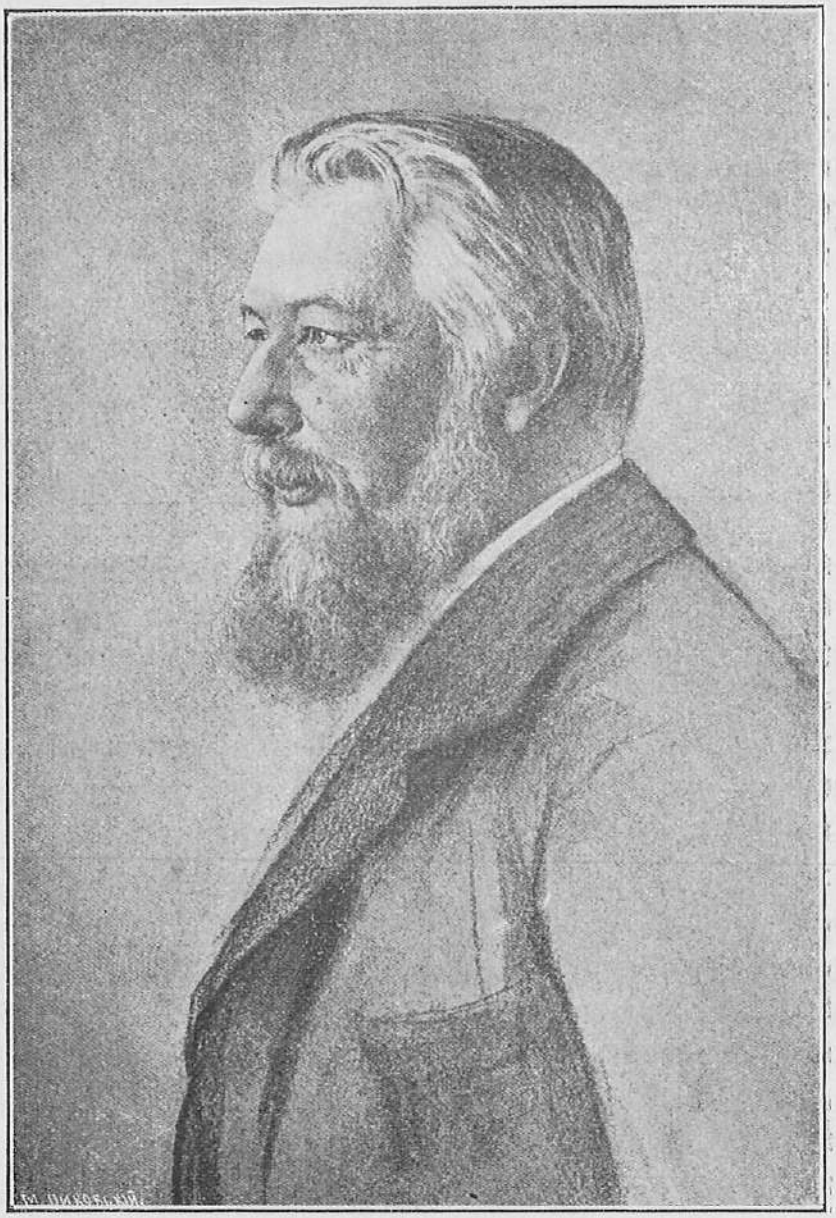


Рис. 63. Вильгельмъ Оствальдъ (р. 1853).

экзаменъ съ недурными отмѣтками. Только по русскому языку ему пришлось держать «переэкзаменовку». Затѣмъ пришли раздольные студенческіе годы. Оствальдъ поступилъ въ Дерптскій университетъ съ намѣреніемъ изучать химію. Отношенія были

тогда патріархальныя. Желѣзная дорога, ведущая теперь изъ Риги въ Псковъ, тогда еще не была проведена. Студенты должны были 250-верстный путь изъ Риги въ Юрьевъ совершать на почтовыхъ лошадяхъ. Веселая жизнь нѣмецкихъ буршей тогда еще была въ полномъ расцвѣтѣ; она поглотила на нѣкоторое время и Оствальда, который вступилъ въ извѣстную корпорацію «Rigensis». Впослѣдствіи Оствальдъ высказывался, что вліяніе этой корпораціи онъ вообще считаетъ для себя благодѣтельнымъ, такъ какъ устрашенный печальными примѣрами онъ совершенно пересталъ употреблять спиртные напитки. Впрочемъ, корпорація отнимала у него немало времени. Лекціи въ общемъ — по собственному признанію Оствальда—дѣйствовали на него усыпляющимъ образомъ; онъ посѣщалъ только лекціи Карла Шмидта. Большій интересъ представляли для него практическія занятія въ лабораторіи, которыя превосходно велъ минералогъ Лембергъ.

Беззаботной и праздной жизни скоро долженъ былъ наступить конецъ. Упреки отца заставили Вильгельма засѣсть за работу. Въ короткое время онъ наверсталъ потерянные годы, и уже въ 1875 г. выдержалъ экзаменъ на степень кандидата химіи.

Случайно къ этому времени освободилась должность ассистента при физическомъ кабинетѣ. Профессоръ физики Эттингенъ предложилъ эту должность Оствальду, и такимъ образомъ этотъ послѣдній началъ свою академическую карьеру. Только теперь молодой орелъ распустилъ свои крылья. Должность ассистента не требовала слишкомъ большой обязательной работы, и молодой ученый могъ всецѣло отдаваться научной работѣ. Его опыты были посвящены вопросу, которому суждено было разрости въ цѣлую науку. То былъ вопросъ о химическомъ сродствѣ. При выборѣ вопросовъ и методовъ для ихъ рѣшенія Оствальдъ подчинялся вліянію своихъ учителей. Прежде всего слѣдуетъ отмѣтить профессора Лемберга, минералога и оригинала, надъ которымъ смѣялись за его манеры, не отдавая должнаго его научнымъ заслугамъ. Вліяніе Лемберга сказалось въ выборѣ вопросовъ, а профессоръ Эттингенъ, съ которымъ Оствальдъ былъ въ близкихъ отношеніяхъ, помогалъ ему при выборѣ методовъ. Третьимъ лицомъ, вліяніе котораго сказалось въ характерѣ первыхъ работъ Оствальда, былъ упомянутый выше Карлъ Шмидтъ, извѣстный гидрологъ и химикъ-физіологъ

(студенты называли его «водянымъ» Шмидтомъ). Впослѣдствіи Оствальдъ сталъ его ассистентомъ.

Оствальдъ прилежно работалъ и быстро взбирался по ступенямъ академической лѣстницы. Въ 1878 году онъ получилъ степень магистра, а годъ спустя—доктора химіи. Но матеріальное положеніе Оствальда все же оставляло желать многаго. Когда онъ въ 1880 году женился на дѣвицѣ Рейеръ, то молодымъ супругамъ пришлось во многомъ себѣ отказывать. Оствальдъ все еще былъ лишь ассистентомъ, и получалъ 500 руб. жалованія въ годъ, а на такую сумму трудно было прожить даже въ тѣ времена. Подъ вліяніемъ матеріальныхъ заботъ онъ уже серьезно подумывалъ заняться техникой, какъ вдругъ на выручку пришло приглашеніе на каѳедру химіи въ Рижскій политехникумъ; этимъ приглашеніемъ Оствальдъ былъ обязанъ покровительству Карла Шмидта.

Въ то время преподаваніе химіи въ здѣшнемъ Институтѣ находилось на довольно низкомъ уровнѣ. Какъ и большинство прочихъ дисциплинъ, химія преподавалась по методу, приличному для средняго учебнаго заведенія, но совершенно не соотвѣтствующему достоинству и задачамъ высшаго учебнаго заведенія. Теорія была направлена исключительно къ тому, чтобы дать студенту возможно большее число фактовъ и формулъ; для практическихъ занятій служилъ погребъ, а единственнымъ украшеніемъ этой примитивной химической лабораторіи былъ типичный старый служитель, называвшій себя «матеріалистомъ».

Въ шутку спрошенный студентами, какого онъ мнѣнія о новомъ профессорѣ, служитель серьезно отвѣтилъ:

— «Мнѣ кажется, что это довольно образованный человѣкъ». Старичекъ не ошибся!

Оствальдъ организовалъ практическія занятія, расширилъ лабораторію и, что еще болѣе важно, впервые обратилъ вниманіе на подготовку слушателей къ самостоятельному рѣшенію научныхъ вопросовъ. Съ этой цѣлью онъ ввелъ «дипломныя работы», исполненіе которыхъ до настоящаго времени требуется для полученія диплома инженера. Такимъ образомъ, Рижскій Политехническій Институтъ весьма многимъ обязанъ Оствальду, разбудившему въ немъ научный духъ,—тотъ духъ, который отличаетъ высшее учебное заведеніе отъ средняго. Въ своей

неустанной творческой научной работѣ Оствальдъ служилъ живымъ примѣромъ какъ для товарищей, такъ и для студентовъ. Разсмотримъ ближе результаты этой работы.

Опытныя изслѣдованія Оствальда имѣли цѣлью прежде всего выясненіе стариннаго вопроса о химическомъ сродствѣ. Что́ собственно выражаетъ это понятіе, которое, подобно зародышамъ столькихъ другихъ основныхъ научныхъ понятій, мы находимъ еще въ греческой философіи, въ ученіяхъ Эмпедокла и Гиппократа? У греческихъ философовъ мы впервые встрѣчаемъ утвержденіе, что тѣла, химически соединяющіяся между собою, должны быть сродны между собою, т. е. должны быть болѣе или менѣе сходны. Однако, подробное изученіе химическихъ явленій привело къ противоположному заключенію. Крайности сходятся! Нигдѣ эта поговорка не подтверждается столь часто, какъ въ области химическихъ соединеній. Чѣмъ менѣе два элемента похожи другъ на друга, чѣмъ болѣе они противоположны по своимъ физическимъ и химическимъ свойствамъ, тѣмъ сильнѣе они стремятся соединиться. Наименѣе сходныя тѣла сильнѣе всего связаны между собою. Однако, несмотря на открытіе этой истины, выраженіе «химическое сродство» не вышло изъ употребленія. Но значеніе этого понятія измѣнилось: вмѣсто сходства двухъ тѣлъ оно теперь выражаетъ стремленіе къ соединенію, или, такъ сказать, крѣпость узла, связывающаго составныя части соединенія въ одно тѣло.

Уже давно, со времени чрезвычайно интересныхъ изслѣдованій Бергманна (1735—1784) и Бертолле (1748—1822), химики стремились опредѣлить сродство качественно; они старались даже расположить различные элементы въ ряды, соотвѣтствующіе постепенному возростанію сродства.

Такъ, напримѣръ, когда водородъ соединяется съ хлоромъ, образуется хлористоводородный газъ, растворъ котораго въ водѣ извѣстенъ подъ названіемъ соляной кислоты. Если мѣдную пластинку погрузимъ въ соляную кислоту, то мѣдь будетъ соединяться съ хлоромъ, освобождая водородъ. Слѣдовательно, мѣдь вытѣсняетъ водородъ изъ его соединенія съ хлоромъ. Таковъ непосредственный результатъ опыта.

Введя понятіе химическаго сродства мы можемъ формулировать указанный фактъ слѣдующимъ образомъ:

— Мѣдь имѣетъ бо́льшее сродство къ хлору, чѣмъ водородъ. Подобно тому, какъ мѣдь вытѣсняетъ водородъ изъ соляной кислоты, точно такъ желѣзо вытѣсняетъ мѣдь изъ соединенія мѣди съ хлоромъ; желѣзо въ свою очередь вытѣсняется алюминіемъ, а этотъ послѣдній уступаетъ мѣсто калію или натрію.

Основываясь на этихъ и другихъ подобныхъ фактахъ, мы можемъ составить таблицу элементовъ, въ которой порядокъ элементовъ будетъ соотвѣтствовать степени ихъ сродства къ хлору, или къ кислороду, или же къ какому-нибудь другому реагенту. Подобныя таблицы химическаго сродства не новы. Онѣ были извѣстны еще въ XVIII столѣтіи. Впервые такую таблицу составилъ Geoffroy въ 1718 г.*) Но еще до конца этого вѣка ученые должны были убѣдиться, что вопросъ о химическомъ сродствѣ гораздо сложнѣе, чѣмъ могло казаться на основаніи первыхъ наблюденій.

Между прочимъ было установлено, что конечный результатъ борьбы между нѣсколькими тѣлами за преобладаніе въ реакціи зависитъ не только отъ величины сродства тѣлъ, но также и отъ условій превращенія, т. е. отъ физическихъ свойствъ системы и ея составныхъ частей; напримѣръ, результатъ въ значительной степени зависитъ отъ аггрегатнаго состоянія тѣлъ. Въ этомъ отношеніи особенное значеніе имѣетъ масса дѣйствующихъ тѣлъ. Это обнаруживается на слѣдующемъ примѣрѣ. Мы видѣли выше, что мѣдь вытѣсняетъ водородъ изъ соединенія его съ хлоромъ. Однако, если мы увеличимъ «дѣйствующую массу» водорода, — этого можно достигнуть, подвергая газъ высокому давленію, — то мы можемъ получить совершенно противоположный результатъ: сжатый водородъ вытѣснитъ мѣдь изъ ея соединенія съ хлоромъ. Слѣдовательно, дѣйствіе мѣди на хлористый водородъ обратимо; оно происходитъ какъ въ одномъ направленіи, такъ и въ противоположномъ:

мѣдь + хлористый водородъ → хлористая мѣдь + водородъ,

и обратно,

хлористая мѣдь + водородъ → мѣдь + хлористый водородъ.

Подобные случаи встрѣчаются очень часто какъ въ органической химіи, такъ и въ неорганической. Выдающуюся роль въ раз-

*) Эта таблица представлена въ символахъ флогистонной теоріи на рис. 17 (стр. 55).

витіи понятія сродства сыграло взаимодѣйствіе кислотъ съ основаніями. Припомнимъ, что кислоты очень охотно соединяются съ основаніями, и продуктами этихъ соединеній являются соли. Такъ, угольная кислота соединяется съ окисью свинца по уравненію:

угольная кислота + окись свинца = углекислый свинецъ.

Если на эту соль, находящуюся въ стклянкѣ, я буду дѣйствовать болѣе крѣпкой кислотой, напримѣръ, уксусной, то эта кислота вытѣснитъ болѣе слабую углекислоту по уравненію:

углекислый свинецъ + уксусная кислота =
уксуснокислый свинецъ + угольная кислота.

Углекислота есть газъ. Поэтому при реакціи она выдѣляется въ видѣ пузырьковъ; это—всѣмъ знакомые пузырьки, которые съ шипѣніемъ выдѣляются изъ содовой воды или шампанскаго. Легко убѣдиться, что и указанное выше превращеніе обладаетъ обратимостью. Дѣйствительно, если растворить уксуснокислый свинецъ въ большомъ количествѣ воды и въ растворъ впустить углекислоту, произойдетъ обратная реакція:

уксуснокислый свинецъ + угольная кислота =
углекислый свинецъ + уксусная кислота.

Углекислый свинецъ не растворяется въ водѣ; поэтому первоначально прозрачный растворъ становится мутнымъ и выдѣляетъ бѣлый порошокъ, который, спустя нѣкоторое время, осѣдаетъ на дно склянки.

Опытъ показываетъ, что въ подобныхъ условіяхъ могутъ происходить обѣ реакціи, и что въ результатѣ этихъ двухъ противоположныхъ процессовъ устанавливается нѣкоторое состояніе равновѣсія. Это состояніе равновѣсія зависитъ отъ массы всѣхъ четырехъ тѣлъ, участвующихъ въ реакціи. Какъ только мы увеличимъ массу одного изъ нихъ въ растворѣ, состояніе равновѣсія сейчасъ же перемѣстится въ томъ или другомъ направленіи.

Оствальдъ поставилъ себѣ задачей изучить состоянія равновѣсія, которыя возникаютъ при распредѣленіи одного основанія между двумя кислотами, обладающими неодинаковой степенью сродства къ этому основанію, или при распредѣленіи одной кислоты между двумя основаніями. Эти изслѣдованія были начаты еще въ Дерптѣ и продолжались съ необыкновенной тщательностью въ Ригѣ; благодаря этимъ изслѣдованіямъ стало возмож-

нымъ выражать степень сродства числомъ; количественныя опредѣленія химическаго сродства основываются на измѣреніи состоянія равновѣсія въ различныхъ реакціяхъ. Такимъ образомъ, понятіе химическаго сродства сдѣлалось вполнѣ точнымъ и доступнымъ количественному измѣренію.

Слѣдуетъ, однако, отмѣтить, что въ количественномъ опредѣленіи химическихъ сродствъ, Оствальдъ имѣлъ предшественника въ лицѣ Юліуса Томсена. Но методъ, примѣнявшійся Томсеномъ, требуетъ болѣе сложныхъ пріемовъ (термохимическихъ), и даетъ не очень точные результаты, тогда какъ методы Оствальда соединяютъ легкость исполненія съ значительной точностью,—качества, особенно цѣнныя въ точныхъ наукахъ.

Я разсказалъ Вамъ подробнѣе о первыхъ научныхъ работахъ Оствальда, такъ какъ еще и въ настоящее время онѣ мало извѣстны даже среди спеціалистовъ. Это обычная судьба многихъ основныхъ работъ, открывающихъ новыя области фактовъ: пока еше не создана новая теорія, эти работы не обращаютъ на себя надлежащаго вниманія, а послѣ того, какъ теорія ихъ используетъ, онѣ исчезаютъ въ ея тѣни. Онѣ похожи на фундаментъ великолѣпнаго зданія: прохожій идетъ мимо него, обращая вниманіе на башни и наружныя украшенія; болѣе любознательный заглянетъ и внутрь, фундаментъ же остается скрытымъ отъ человѣческихъ глазъ. Лишь спустя десятки лѣтъ, когда зданіе должно перестраиваться, добираются до фундамента, и только тогда видятъ скрытыя въ немъ сокровища труда и таланта.

То же и въ данномъ случаѣ. Значеніе работъ Оствальда о сродствѣ кислотъ, первоначально не оцѣненное ученымъ міромъ, выяснилось благодаря геніальной гипотезѣ Арреніуса. Въ свѣтѣ этой послѣдней сложные случаи равновѣсія стали самоочевидными, эмпирически открытые законы оказались простыми слѣдствіями общихъ положеній. Что же удивительнаго въ томъ, что послѣ развитія гипотезы были забыты ея опытныя основы? Самъ Оствальдъ тоже не возвращался болѣе къ прежнимъ изслѣдованіямъ. Однако, можно предсказать, что наука еще къ нимъ вернется, и эти основные вопросы со временемъ опять сдѣлаются очередными. Тогда въ полузабытыхъ первыхъ работахъ Оствальда найдется не одна жемчужина.

Приблизительно въ то самое время, когда Оствальдъ рабо-

талъ надъ опредѣленіемъ сродства кислотъ, на сцену выступилъ молодой ученый Сванте Арреніусъ, шведскій физико-химикъ; въ 1885 году онъ опубликовалъ работу объ электропроводности растворовъ солей, кислотъ и основаній. Всѣ эти тѣла, обыкно-

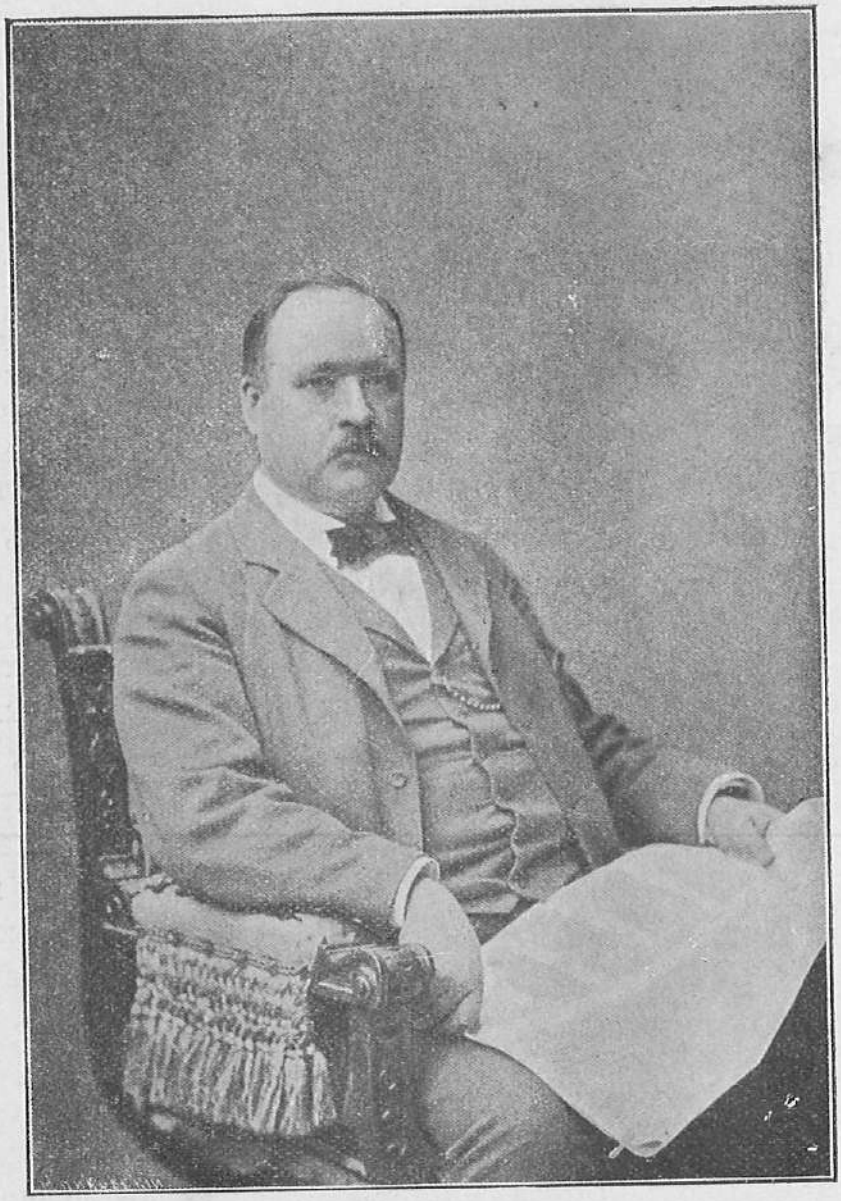


Рис. 64. Сванте Арреніусъ (р. 1859).

венно называемыя электролитами, отличаются свойствомъ проводить электрическій токъ. Но этой способностью электролиты обладаютъ не въ одинаковой степени. Посредствомъ сравнительно простого метода можно эту способность измѣрить и

опредѣлить проводимость числомъ. Арреніусъ выполнилъ цѣлый рядъ такихъ опредѣленій и, сравнивая полученные результаты, убѣдился, что тѣ кислоты, которыя являются наилучшими проводниками тока, обладаютъ самымъ сильнымъ сродствомъ къ кислотамъ, и обратно: чѣмъ «крѣпче» данная кислота, тѣмъ больше оказывается ея электропроводность.

Оствальдъ постарался провѣрить этотъ выводъ.

— «Съ цѣлью экспериментальной провѣрки такого взгляда,— пишетъ Оствальдъ въ 1884 году—я уже годъ тому назадъ произвелъ нѣкоторыя изслѣдованія, которыя, однако, были прерваны другими занятіями. Въ то же время г. Сванте Арреніусъ инымъ путемъ пришелъ къ тѣмъ же результатамъ и опубликовалъ ихъ въ двухъ работахъ, въ которыхъ онъ развиваетъ достойную вниманія теорію химическаго сродства. Автору этихъ работъ, составляющихъ въ высшей степени важный вкладъ въ ученіе о сродствѣ, принадлежитъ полный пріоритетъ въ отношеніи этихъ идей. Однако, съ другой стороны, вопросъ настолько важенъ, что я считаю полезнымъ опубликовать также выполненные мною опыты, значительно расширяющіе не особенно обширный сравнительный матеріалъ, который былъ въ распоряженіи шведскаго изслѣдователя».

Послѣ опубликованія этой работы между обоими учеными завязалась дружба. Въ 1886 г. Арреніусъ пріѣхалъ въ Ригу, чтобы на мѣстѣ познакомиться съ методами, которые примѣнялъ Оствальдъ. Здѣсь, въ лабораторіи Оствальда и на прогулкахъ по взморью, происходилъ живой обмѣнъ мыслей; здѣсь были наброшены смѣлые планы, и о будущности физической химіи высказывались надежды и ожиданія, которыя впослѣдствіи оправдались съ избыткомъ. На почвѣ этого сближенія двухъ ученыхъ и ихъ плодотворнаго общенія впослѣдствіи выросла Арреніусова теорія іоновъ. Оствальдъ первый призналъ эту теорію, проникся ея важнымъ значеніемъ и проведеніе ея сдѣлалъ задачей своей жизни.

Въ 1887 году Оствальдъ былъ приглашенъ въ Лейпцигскій университетъ на каѳедру физической химіи. Это была первая самостоятельная каѳедра молодой науки, а лабораторія, открытая Оствальдомъ, была первой лабораторіей, посвященной систематическимъ физико-химическимъ изслѣдованіямъ. Здѣсь Оствальдъ могъ проявить болѣе широкую и болѣе плодотворную дѣятельность, чѣмъ въ Рижскомъ Политехникумѣ.

Почти одновременно съ этимъ въ физической химіи совершилась революція, которая оказала существенное вліяніе не только на эту науку, но и на направленіе дальнѣйшей дѣятельности Оствальда. Именно, въ томъ же 1887 году по иниціативѣ и подъ руководствомъ Вильгельма Оствальда и Якова Генриха Вантъ-Гоффа сталъ издаваться журналъ, посвященный исключительно вопросамъ общей химіи. Новый органъ «Zeitschrift für physikalische Chemie», поставилъ своей задачей проложить путь новымъ теченіямъ, возникшимъ въ химіи за послѣднее время. Первый томъ названнаго журнала принесъ двѣ небольшія статьи: Я. Г. Вантъ-Гоффа, «О значеніи осмотическаго давленія въ аналогіи между растворами и газами», и Сванте Арреніуса, «О диссоціаціи растворенныхъ въ водѣ тѣлъ». Эти двѣ статьи представляютъ зародышъ, изъ котораго развилась вся теорія іоновъ. Смѣлыя, хотя на первый взглядъ поверхностныя идеи, стали исходной точкой цѣлаго ряда точныхъ опытныхъ изслѣдованій и источникомъ новыхъ законовъ, а въ результатѣ этой быстрой эволюціи смѣлыя гипотезы Вантъ-Гоффа и Арреніуса получили полное подтвержденіе.

Говоря о теоріи растворовъ Вантъ-Гоффа, я уже упомянулъ, что нѣкоторые разряды тѣлъ, а именно, соли, кислоты и основанія, составляли исключеніе изъ общихъ законовъ, установленныхъ Вантъ-Гоффомъ для растворовъ. Осмотическое давленіе растворовъ этихъ тѣлъ оказалось бо́льшимъ, чѣмъ требуется по теоріи, и разница была довольно велика. Чтобы устранить эти непріятныя исключенія, Арреніусъ прибѣгнулъ къ радикальному средству, а именно, онъ допустилъ, что соли и другія вещества разлагаются въ растворѣ на составныя части подобно газамъ и парамъ, имѣющимъ плотность, которая меньше нормальной, т. е. вычисленной по формулѣ. Это допущеніе Арреніусъ высказалъ въ упомянутой нами статьѣ о диссоціаціи солей. По взгляду Арреніуса соли разлагаются въ водныхъ растворахъ на свои составныя части. Это тѣ самыя частицы, которыя переносятъ съ собою электрическій зарядъ и которыя еще Фарадэй назвалъ іонами. Такъ, напримѣръ, обыкновенная соль, или хлористый натрій, разлагается на положительный іонъ натрія и отрицательный іонъ хлора:

$$\text{хлористый натрій} \rightleftarrows \overset{+}{\text{натрій}} + \overset{-}{\text{хлоръ}}.$$

Вслѣдствіе диссоціаціи соли число частицъ въ растворѣ увеличивается, а такъ какъ осмотическое давленіе зависитъ только отъ числа растворенныхъ частицъ, то давленіе должно быть выше нормальнаго. Такимъ образомъ исключенія изъ закона растворовъ нашли себѣ объясненіе.

Тѣмъ не менѣе гипотеза іоновъ встрѣтила упорное сопротивленіе, главнымъ образомъ, со стороны химиковъ. И не безъ основанія. Дѣйствительно, хлористый натрій,—тотъ самый, который мы поглощаемъ въ значительныхъ количествахъ какъ въ составѣ пищевыхъ веществъ, такъ и отдѣльно, въ видѣ обыкновенной повареной соли,—по гипотезѣ Арреніуса долженъ распадаться въ растворѣ на натрій и хлоръ. Но вѣдь извѣстно, что натрій есть металлъ, что онъ горитъ отъ соприкосновенія съ водой, что при этомъ происходитъ бурная реакція, при которой выдѣляется водородъ. Извѣстно также, что хлоръ есть газъ, который обладаетъ непріятнымъ, удушливымъ запахомъ, и отличается ѣдкими свойствами, что́ мы иногда, къ нашему прискорбію, замѣчаемъ на бѣльѣ. Повареная же соль, къ счастью, не обладаетъ этими свойствами. Она не разлагаетъ воды, какъ натрій, и не выдѣляетъ непріятнаго запаха хлора.

Это былъ самый вѣскій аргументъ, выставленный оппозиціей противъ гипотезы Арреніуса. Однако не трудно было опровергнуть этотъ доводъ.

«Гипотеза іоновъ» отнюдь не утверждаетъ, что хлористый натрій, или повареная соль, разлагается на металлическій натрій и на газообразный хлоръ. Соль разлагается на іонъ натрія и іонъ хлора. Извѣстно, что многіе элементы могутъ существовать въ нѣсколькихъ модификаціяхъ, которыя называются аллотропическими видоизмѣненіями даннаго элемента. Такъ, напримѣръ, извѣстны двѣ разновидности фосфора: желтая и красная. Довольно большія различія обнаруживаютъ и три извѣстныя разновидности углерода: обыкновенный аморфный уголь, графитъ и драгоцѣнный алмазъ. Подобнымъ образомъ и іоны, согласно гипотезѣ Арреніуса,—представляютъ аллотропическія видоизмѣненія элементовъ или радикаловъ. Іоны обладаютъ значительными электрическими зарядами, положительными или отрицательными, и вслѣдствіе этого имѣютъ свойства, отличныя отъ свойствъ обыкновеннаго натрія и обыкновен-

наго хлора. Какъ только мы лишимъ іоны ихъ электрическаго заряда, они переходятъ въ обыкновенныя тѣла и обнаруживаютъ свои обыкновенныя свойства: натрій разлагаетъ воду, хлоръ выдѣляется въ видѣ зеленаго газа.

Второй аргументъ противъ теоріи іоновъ былъ физическаго характера; возможно ли, чтобы положительные іоны не разряжались при соприкосновеніи съ отрицательными? На это можно отвѣтить слѣдующее: іоны находятся въ растворителѣ, который играетъ роль изолятора, аналогично, напримѣръ, стеклу въ лейденской банкѣ. Это объясненіе впослѣдствіи нашло поддержку въ теоріи Нернста и Томсона, согласно которой соли разлагаются на іоны тѣми растворителями, которые имѣютъ значительную діэлектрическую постоянную. Въ послѣдне же время П. И. Вальденъ доказалъ въ рядѣ цѣнныхъ изслѣдованій, что между діэлектрической постоянной растворителей и степенью диссоціаціи опредѣленной соли въ различныхъ растворителяхъ существуетъ простая зависимость.

Такимъ образомъ удалось опровергнуть одно за другимъ всѣ возраженія, выставленныя противъ теоріи іоновъ. Самыя разнообразныя электрохимическія явленія обнаруживали полное согласіе съ этой теоріей. Разрозненные факты оказались связанными между собою узломъ общихъ понятій и законовъ. Въ электрохимію была введена общая руководящая мысль, при помощи которой можно было не только объяснить то, что было уже извѣстно, но и предсказать много неизвѣстныхъ фактовъ. На основѣ этихъ теоретическихъ построеній вскорѣ выросла техническая электрохимія, которая въ настоящее время успѣшно конкурируетъ съ обыкновенными химическими методами во многихъ отрасляхъ промышленности.

Легко понять, что развитіе основной идеи Арреніуса требовало огромной работы въ видѣ многочисленныхъ спеціальныхъ изслѣдованій, относящихся къ самымъ разнообразнымъ вопросамъ, связаннымъ съ теоріей іоновъ. Эта работа была выполнена преимущественно въ лабораторіи физической химіи при Лейпцигскомъ университетѣ.

Предо мною лежатъ четыре тома «Трудовъ физико-химической лабораторіи въ Лейпцигѣ». Они содержатъ многочисленныя изслѣдованія, произведенныя самимъ Оствальдомъ, его асси-

стентами и цѣлымъ рядомъ учениковъ. Помимо докторантовъ, въ Лейпцигъ пріѣзжали и зрѣлые люди, желавшіе спеціализироваться подъ руководствомъ учителя и производившіе иногда обширныя изслѣдованія. Статьи, напечатанныя въ четырехъ томахъ «Трудовъ», относятся главнымъ образомъ къ теоріи іоновъ и ея примѣненіямъ къ отдѣльнымъ вопросамъ, какъ опредѣленія подвижности іоновъ (Бредигъ), сродство кислотъ и основаній, строеніе сложныхъ солей, теорія гальваническихъ цѣпей Нернста, теорія поляризаціи Леблана и т. д. Если принять во вниманіе, что эти изслѣдованія производились въ продолженіе десяти лѣтъ, и что они составляютъ работу нѣсколькихъ десятковъ учениковъ, разнящихся между собой по образованію, способностямъ и воззрѣніямъ, то невольно удивляешься тому гармоническому впечатлѣнію, какое производитъ это цѣлое, построенное изъ столь разнородныхъ кирпичей. Эта гармонія и единство идеи въ трудахъ физико-химической лабораторіи краснорѣчиво свидѣтельствуютъ о живомъ участіи, какое принималъ въ ихъ выполненіи самъ Оствальдъ.

Чтобы на живомъ примѣрѣ иллюстрировать, какъ возникали эти работы, я позволю себѣ разсказать Вамъ страничку изъ моего прошлаго. Прослушавъ нѣсколько семестровъ въ Лейпцигскомъ университетѣ, я обратился къ Оствальду съ просьбою принять меня въ число своихъ учениковъ. Нужно замѣтить, что Оствальдъ обращался со всякимъ «новорожденнымъ» химикомъ, какъ съ равнымъ ему ученымъ.

— «Я особенное значеніе придаю тому,— сказалъ онъ,— чтобы ученики мои сами подыскивали себѣ вопросы для своихъ работъ. Слушая лекціи и читая книги, Вы безъ сомнѣнія замѣтили пробѣлы въ нашей наукѣ. Одну изъ такихъ прорѣхъ, которая обратила на себя Ваше особенное вниманіе, мы выберемъ темой для Вашей будущей докторской работы».—

Признаюсь, что этотъ первый разговоръ меня чрезвычайно смутилъ.

— «Какъ же это? — подумалъ я,— стало быть, наука не представляетъ стройнаго цѣлаго, но испещрена пробѣлами? И вмѣсто того, чтобы закрыть глаза на эти несовершенства, вмѣсто того, чтобы любоваться въ фантазіи прекрасной отдѣлкой науки,—я долженъ нарочно искать эти дыры со свѣчей въ рукѣ?

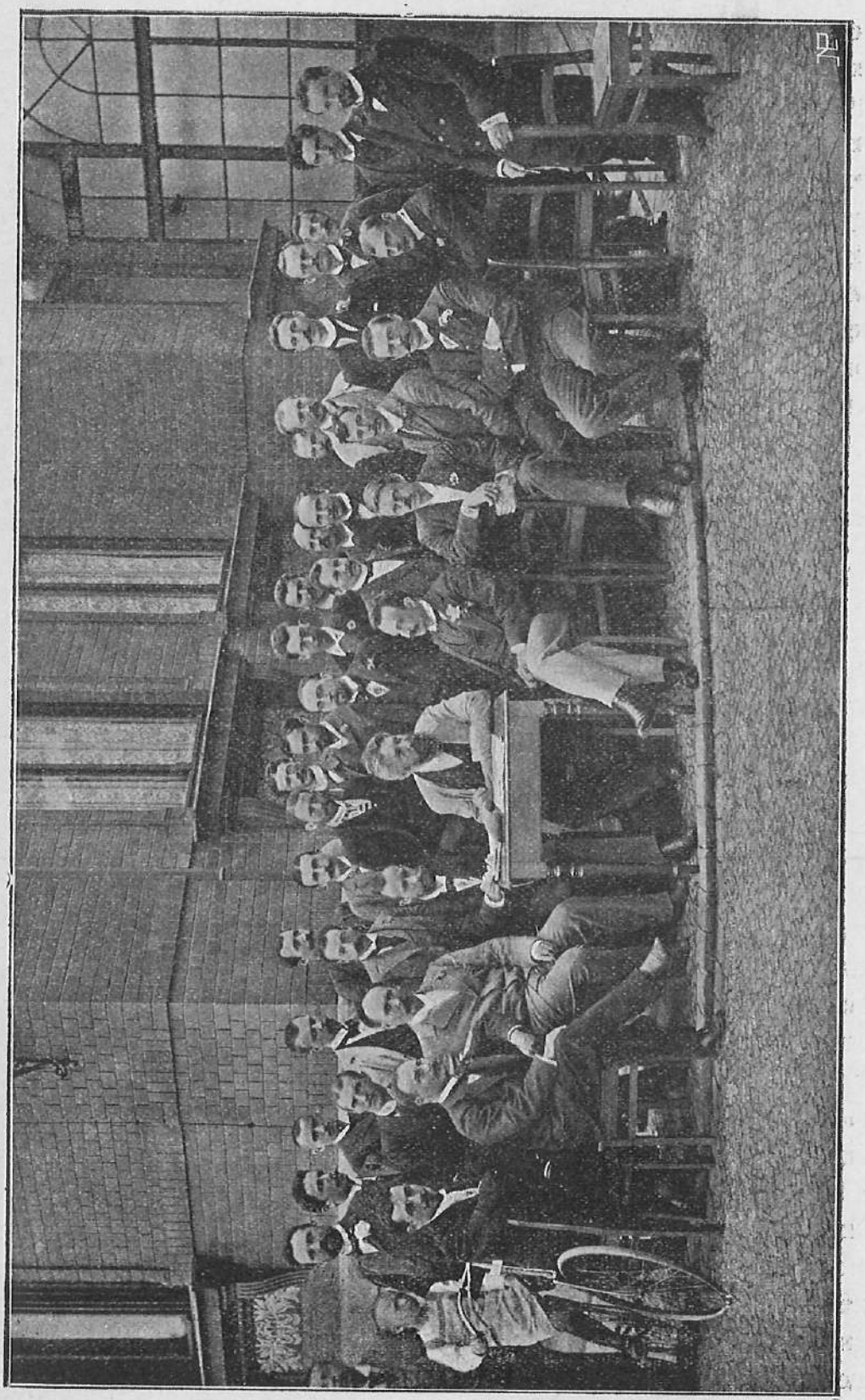


Рис. 65. Оствальдовская школа.

Значитъ, онѣ-то должны составлять элементъ дальнѣйшаго развитія знаній?»

Спустя нѣсколько дней, я вторично отправился къ учителю съ вязанкой самыхъ несуразныхъ идей, какія могли бы притти въ голову развѣ только зулусу, осужденному на рѣшеніе квадратуры круга. Такъ какъ усиленныя старанія добыть изъ этихъ идей хотя бы зернышко истины оказались тщетными, то тему пришлось выбирать самому Оствальду, о чемъ я впослѣдствіи нисколько не жалѣлъ. Сперва я чувствовалъ себя въ положеніи человѣка, который начинаетъ учиться плавать. Подвѣшенный на ремнѣ, я механически исполнялъ предписанныя движенія; когда же учитель опускалъ ремень, я тотчасъ же безпомощно захлебывался. Но, наконецъ, я научился плавать въ этой средѣ, и изъ узкаго пруда порою осмѣливался даже выплывать въ необозримое море науки.

Лейпцигская лабораторія находилась въ то время въ періодѣ расцвѣта. Число адептовъ увеличивалось съ каждымъ днемъ. Рядомъ съ молодыми докторантами работали старые профессора, рядомъ съ нѣмцами многочисленные иностранцы, преимущественно англичане и американцы. Вмѣстѣ съ тѣмъ и сами работы становились все разнообразнѣе. Старая лабораторія оказалась неудовлетворительной. Поэтому въ 1897 году былъ открытъ новый «Институтъ физической химіи», построенный на средства саксонскаго правительства, по спеціальному плану Оствальда.

Со всѣхъ концовъ свѣта съѣхались ученики, друзья и товарищи, чтобы принять участіе въ торжествѣ открытія новаго института, которое одновременно являлось торжествомъ новой отрасли химіи. Въ празднично убранномъ лекціонномъ залѣ Оствальдъ прочелъ лекцію о катализѣ, а затѣмъ демонстрировалъ опыты съ жидкимъ воздухомъ, который въ то время представлялъ еще диковинку.

Въ новомъ институтѣ была начата новая серія работъ, посвященная изученію новой области физической химіи,—каталитическихъ явленій. Такъ называются дѣйствія весьма маленькихъ количествъ различныхъ веществъ, увеличивающихъ или уменьшающихъ скорость химическихъ реакцій. Каталитическія вещества не подвергаются при реакціи никакимъ видимымъ измѣненіямъ, и самая сущность явленія пока еще не выяснена. Такъ,

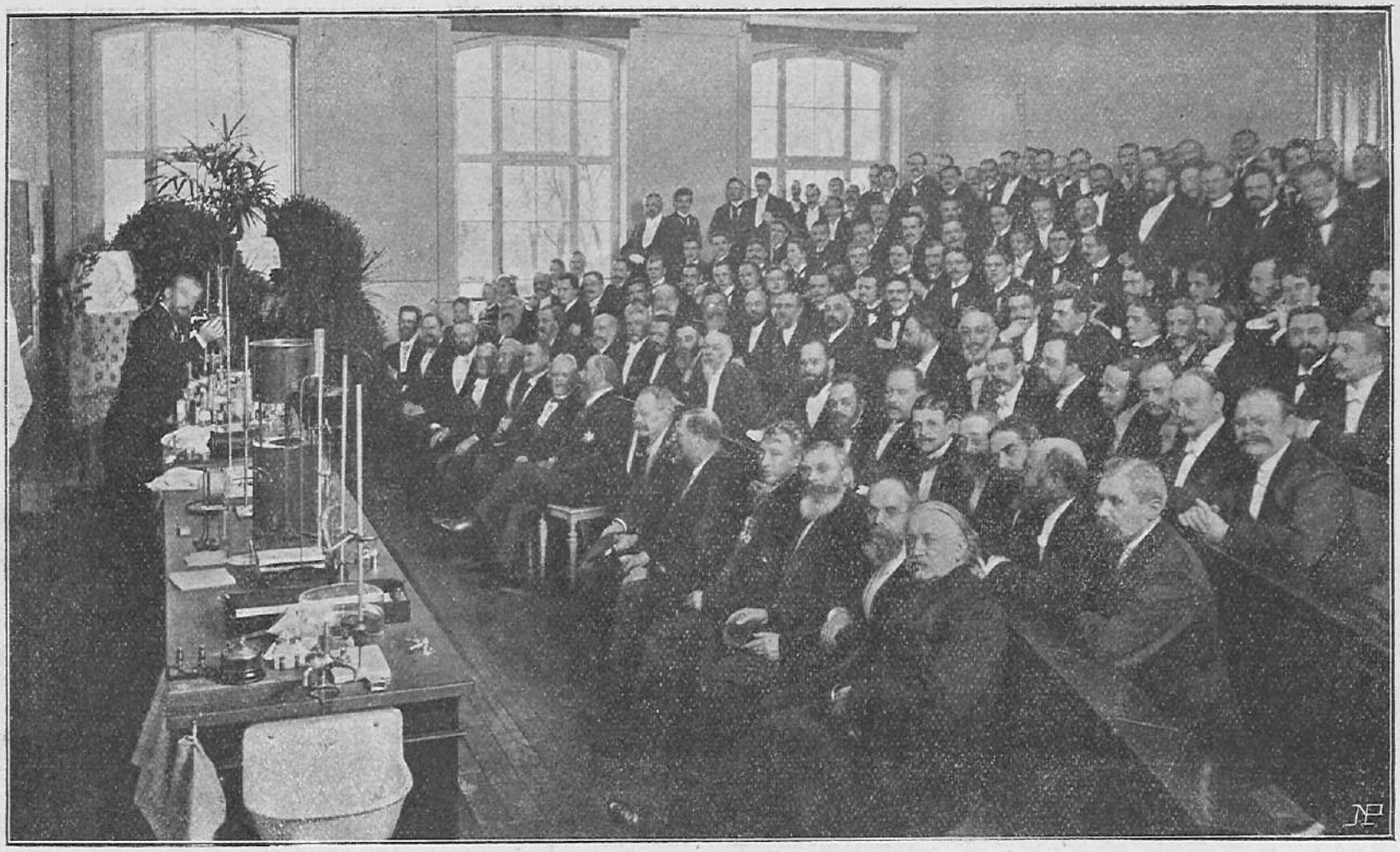


Рис. 66. Торжественное открытіе «Института физической химіи» въ Лейпцигѣ (1897).

напримѣръ, платина ускоряетъ соединеніе водорода съ кислородомъ настолько, что оба эти газа соединяются между собою уже при обыкновенной температурѣ. Обратно, капля скипидара уменьшаетъ скорость окисленія фосфора въ воздухѣ, вслѣдствіе чего фосфоръ перестаетъ свѣтить.

Когда 4 года тому назадъ,—говоритъ Оствальдъ въ лекціи о катализѣ *), въ которой онъ изложилъ изслѣдованія по этому вопросу, какъ собственныя, такъ и своихъ учениковъ,—лейпцигскій институтъ физической химіи перешелъ въ новое прекрасное зданіе, я началъ тамъ работу не безъ боязни за будущее. Предыдущій періодъ принесъ весьма обильный урожай. Въ большихъ отдѣлахъ, какъ химическая динамика и электрохимія, были сдѣланы значительные успѣхи; казалось, что на долю новаго института, вмѣсто интересныхъ походовъ въ неизслѣдованныя страны, выпала лишь прозаическая задача,—разработка пріобрѣтеннаго. Тогда я сказалъ себѣ: часть дѣвственнаго лѣса мы должны оставить за собою. Мы не желаемъ отказаться отъ наслажденія, какое испытываешь, проникая въ землю, куда еще не ступала ничья нога. Но изъ всѣхъ путей, ведущихъ къ этой цѣли, ни одинъ не казался мнѣ столь благодарнымъ и многообѣщающимъ, какъ катализъ».

Рядъ изысканій послѣднихъ лѣтъ ясно доказалъ, что эти надежды не были обманчивы. Какъ въ первыхъ работахъ понятіе сродства, такъ здѣсь понятіе о катализѣ было впервые точно выяснено и опредѣлено. Мѣсто гипотетическихъ промежуточныхъ реакцій, къ которымъ прибѣгали до того времени въ стремленіи къ объясненію таинственныхъ каталитическихъ явленій, заняли численныя измѣренія скорости реакцій. Законы катализа оказались согласными съ основами энергетики.

Мы въ общихъ чертахъ изучили три главныхъ направленія опытныхъ изслѣдованій Оствальда и его учениковъ: изученіе сродства кислотъ и основаній, электрохимическія изслѣдованія и, наконецъ, работы въ области катализа. Но главное значеніе Оствальда въ исторіи развитія науки заключается не въ частныхъ изслѣдованіяхъ.

Въ письмѣ ко мнѣ, написанномъ въ 1903 году, Оствальдъ

*) См. сборникъ «Успѣхи химіи». 1912. Изд. «Матезисъ».

не безъ горечи характеризуетъ свою научную дѣятельность, какъ болѣе систематизирующую, чѣмъ творческую. И вполнѣ правильно. Главный трудъ Оствальда, учебникъ общей химіи, а затѣмъ основанный имъ и Вантъ-Гоффомъ журналъ, — который кромѣ оригинальныхъ изслѣдованій разныхъ авторовъ содержитъ написанные самимъ Оствальдомъ рефераты и критическіе разборы всѣхъ важнѣйшихъ работъ, — опредѣлили направленіе дальнѣйшаго развитія не только физической химіи, но и всей современной химіи вообще. Резюмируя все это, мы придемъ къ заключенію, что Оствальдъ въ современной химіи играетъ такую же роль, какую имѣлъ Берцеліусъ въ началѣ XIX вѣка. Оствальдъ не прославилъ своего имени открытіемъ новыхъ законовъ, но онъ привелъ въ систему весь накопившійся матеріалъ, и указалъ путь для будущихъ исканій.

Не въ характерѣ Оствальда погрузиться въ мелочи. По мѣрѣ того, какъ физическая химія начинаетъ дифференцироваться, по мѣрѣ возрастанія количества опытныхъ и теоретическихъ работъ и спеціализаціи изслѣдованій, Оствальдъ становится все болѣе равнодушнымъ къ своему собственному дѣтищу. Онъ слишкомъ многостороненъ, чтобы его могли поглотить мелочи научной мозаики.

Между разнообразными проявленіями этой многосторонней дѣятельности прежде всего слѣдуетъ отмѣтить дѣятельность педагогическую. Оствальдъ не ораторъ, но его лекціи не были похожи на профессорскія лекціи, обработанныя разъ навсегда и каждый семестръ повторяемыя безъ измѣненія. Оствальдъ читалъ всегда то, что его въ данный моментъ наиболѣе интересовало. Его мысль создавалась во время чтенія, и поэтому его лекціи не всегда были достаточно понятны для начинающихъ. Но кому приходилось въ лабораторіи поглубже вникать въ ходъ мыслей профессора, тотъ въ слушаніи его лекцій получалъ не только наслажденіе, но выносилъ запасъ новыхъ вопросовъ и критическихъ мыслей. Эти качества мѣтко охарактеризовалъ Вальденъ въ написанной имъ біографіи Оствальда:

— «Существуютъ три рода педагоговъ: къ первому относятся тѣ, которые считаютъ ученика существомъ низшаго по-

рядка и далеки отъ всякой мысли о взаимномъ сближеніи; это остатки прошлаго, какіе до нашихъ дней нерѣдко встрѣчаются въ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ. Педагоги второй категоріи стараются сами стать на точку зрѣнія ученика, войти въ ходъ его мыслей; это знаменитые педагоги, классическіе популяризаторы знанія. Оствальдъ принадлежитъ къ третьей, пока еще мало распространенной категоріи: вмѣсто того, чтобы снисходить къ ученику, онъ старается поднять его до своего уровня. — «Чѣмъ больше довѣрія мы будемъ питать къ способностямъ ученика, тѣмъ больше сумѣемъ отъ него получить». Таковъ педагогическій девизъ Оствальда».

Эта педагогическая система нигдѣ не выразилась такъ ярко, какъ въ лабораторіи, при руководствѣ самостоятельными работами учениковъ. Мы уже видѣли, какіе плоды принесла эта работа. Многочисленныя докторскія работы, вышедшія изъ лейпцигской лабораторіи, не составляютъ осколковъ одной темы: каждая изъ нихъ представляетъ отдѣльное цѣлое,—замкнутое, но гармонически связанное съ другими. Ни одна изъ нихъ не носитъ имени учителя. Но сколько въ нихъ заключено труда и идей Оствальда!

Болѣе широкую педагогическую дѣятельность онъ развилъ въ рядѣ учебниковъ: общей химіи (такъ наз. «Малый Оствальдъ»), аналитической и неорганической химіи; въ послѣднее же время онъ выпустилъ свою «Школу химіи», книгу вполнѣ элементарнаго характера. «Школа химіи», написанная въ формѣ діалоговъ, можетъ служить превосходнымъ пособіемъ для легкаго усвоенія началъ химіи.

На всѣ эти труды слѣдуетъ смотрѣть, какъ на осуществленіе программы, намѣченной въ смѣломъ тезисѣ 1878 года: «современная химія требуетъ реформы!». Эта реформа состоитъ въ превращеніи химіи изъ описательной науки въ науку раціональную, опирающуюся на точные законы. Реформа коснулась не только работы изслѣдователя, но распространилась также и на общее образованіе химиковъ. Педагогическія сочиненія Оствальда, какъ первый шагъ въ этомъ направленіи, не лишены нѣкоторыхъ недостатковъ, вслѣдствіе чего они вызвали немало упрековъ, правда, не всегда справедливыхъ. Болѣе раннія произведенія, въ особенности «Основы общей химіи», носятъ тотъ же харак-

теръ, какъ и лекціи Оствальда: они предъявляютъ слишкомъ большія требованія къ читателю въ смыслѣ подготовки, способностей и вдумчивости. Слѣдующія сочиненія постепенно освобождаются отъ этого недостатка, а въ «Школѣ химіи» популяризаторскій талантъ Оствальда достигъ высшаго развитія.

Въ настоящей лекціи я старался набросить въ общихъ чертахъ картину научной дѣятельности Оствальда. Бросимъ еще разъ взглядъ на развитіе его мысли.

На почвѣ изслѣдованій химическаго равновѣсія выросло понятіе о сродствѣ, какъ постоянной и измѣримой величинѣ. Понятіе сродства въ свою очередь оказалось составною частью болѣе общаго понятія энергіи. Это послѣднее понятіе столь широко, что на немъ можно основать всю систему общей химіи, разсматривая всѣ химическія явленія — за исключеніемъ стехіометрическихъ отношеній—какъ превращенія другихъ видовъ энергіи въ химическую. Эта система находитъ практическое примѣненіе въ «общей химіи». Въ ней нѣтъ мѣста для структурныхъ формулъ и вопросовъ о строеніи матеріи, да и самое понятіе матеріи отступаетъ на задній планъ. Эта эволюція совершилась въ умѣ Оствальда не сразу, а постепенно. Еще въ 1878 г. онъ въ докторской диссертаціи выставляетъ тезисъ: «положеніе атомовъ въ молекулѣ можно опредѣлить»; въ 1884 году въ «открытомъ письмѣ Альбрехту Рау» онъ приписываетъ атомамъ объективное существованіе; въ 1887 году во вступительной лекціи «объ энергіи и ея превращеніяхъ» онъ рядомъ съ матеріей ставитъ энергію, какъ вещественное понятіе, а въ 1895 году, въ своей знаменитой рѣчи: «Несостоятельность научнаго матеріализма», онъ уже отрицаетъ у матеріи право на существованіе въ наукѣ. По его взгляду, понятія энергіи, какъ реальной вещи, и методики точныхъ наукъ, стремящейся представить всѣ явленія посредствомъ чиселъ, достаточно не только для уясненія химическихъ процессовъ, но и для того, чтобы обнять въ одной системѣ совокупность человѣческихъ знаній: на этихъ двухъ принципахъ онъ основываетъ философскую систему, представленную имъ въ «лекціяхъ по философіи природы».

Съ нѣкоторыми основными взглядами философской системы

Оствальда мы неоднократно встрѣчались въ этихъ лекціяхъ: напримѣръ, съ взглядомъ Оствальда на значеніе законовъ природы, на гипотезы, на основы энергетическаго міровоззрѣнія и т. д. Слѣдуетъ здѣсь замѣтить, что эти взгляды возникли и окрѣпли у Оствальда въ значительной степени подъ вліяніемъ замѣчательныхъ идей, высказанныхъ впервые физикомъ-философомъ Эрнестомъ Махомъ, котораго поэтому слѣдуетъ считать непосредственнымъ предшественникомъ Оствальда.

Философскія изысканія Оствальда вызвали сильное неудовольствіе въ широкихъ кругахъ, преимущественно между представителями точныхъ наукъ. Справедливо ли это? Отвѣтить на это можетъ исторія философіи, которая медленно движется по неровному, трудному пути. Въ правѣ ли вообще естествоиспытатель рѣшать философскіе вопросы? На это не трудно найти отвѣтъ. Съ тѣхъ поръ, какъ человѣкъ впервые сталъ задумываться надъ своимъ отношеніемъ къ окружающей природѣ, нашу мысль всегда будутъ привлекать вѣчныя загадки: образованіе вселенной, исчезновеніе или сохраненіе вида, загадки жизни и смерти. Въ своемъ стремленіи разрѣшить эти загадки человѣчество отъ поэзіи религіозныхъ вѣрованій и отъ возвышенныхъ грёзъ метафизики обращается къ точнымъ наукамъ. Теперь уже никто не можетъ отрицать того вліянія, какое оказало въ этомъ отношеніи развитіе точныхъ наукъ. Лишать химію въ настоящее время права голоса по этому вопросу значило бы низвести ее на мало почетную роль слуги нашихъ матеріальныхъ нуждъ. Можно упрекать «философію природы» Оствальда въ отсутствіи той строгой послѣдовательности, которая характеризуетъ труды классиковъ философіи, но вѣдь не подлежитъ сомнѣнію, что изъ всѣхъ философскихъ системъ Оствальдовская наиболѣе соотвѣтствуетъ современнымъ результатамъ точныхъ наукъ, подобно тому какъ матеріалистическая философія наиболѣе соотвѣтствовала состоянію науки въ серединѣ прошлаго столѣтія.

Въ послѣднее время Оствальдъ совершенно отказался отъ каѳедры и оставилъ педагогическую дѣятельность, чтобы посвятить все свое время научной работѣ въ тиши кабинета. Для тѣхъ, кто былъ близокъ къ учителю, это извѣстіе, хотя въ высокой степени печальное, не было однако вполнѣ неожи-

даннымъ, такъ какъ Оствальдъ уже долго носился съ мыслью покинуть лейпцигскую каѳедру.

Ключъ къ разрѣшенію этой психологической загадки мы найдемъ въ слѣдующихъ словахъ самого Оствальда:

«Ученый, занимающій университетскую должность, можетъ дѣйствовать въ трехъ направленіяхъ: какъ учитель, какъ изслѣдователь и какъ писатель. Если съ этой точки зрѣнія подвергнуть критикѣ дѣятельность нашихъ величайшихъ ученыхъ, то мы убѣдимся, что они часто дѣйствовали только въ одномъ направленіи, иногда въ двухъ, и лишь немногіе были въ состояніи совершить тройную работу. Но и тѣ рано или поздно уставали, и являлась необходимость выбрать науку или педагогію».

Оствальдъ сдѣлалъ уже выборъ, и приходится только пожелать, чтобы онъ въ новой обстановкѣ и новыхъ условіяхъ работы нашелъ наилучшіе пути къ достиженію намѣченныхъ задачъ.

Теперь мы разсмотримъ, какое вліяніе молодая физическая химія оказала на послѣднюю фазу развитія неорганической химіи. Неорганическая химія, достигшая высокаго развитія въ минеральномъ анализѣ во вторую половину XIX столѣтія, казалось, отжила уже свое время. Почти всѣ элементы и ихъ важнѣйшія соединенія были подробно изслѣдованы. Главныя реакціи приведены были къ простой схемѣ, и вся задача этого отдѣла химіи казалась исчерпанной. Это объясняется тѣмъ, что изъ соединеній неорганическихъ (т. е. такихъ, которыя не содержатъ углерода) разсматривались почти исключительно соли. А относительно этихъ веществъ намъ уже извѣстно, что въ водномъ растворѣ онѣ, согласно гипотезѣ Арреніуса, распадаются на свои составныя части, или іоны. Такъ, напримѣръ, хлористый натрій распадается на іонъ натрія и іонъ хлора, сѣрнокислый натрій—на іонъ натрія и іонъ сѣрной кислоты, хлористый калій—на іонъ калія и іонъ хлора, и т. д. Вслѣдствіе того, что этотъ распадъ совершается въ сильной степени, всѣ эти соли обнаруживаютъ въ водномъ растворѣ всѣ тѣ реакціи, которыя показываютъ ихъ іоны. Поэтому всѣ натріевыя соли обнаруживаютъ реакцію натріеваго іона; всѣ хлористыя

соединенія—реакціи хлора, напримѣръ, образованіе бѣлаго осадка съ растворомъ азотнокислаго серебра, и т. д.

Не трудно понять, насколько такое обстоятельство упрощаетъ изученіе химическихъ взаимоотношеній между солями. Дѣйствительно, стоитъ лишь изучить химическія свойства всѣхъ іоновъ въ отдѣльности, чтобы знать отношеніе всевозможныхъ ихъ комбинацій, т. е. самыхъ разнообразныхъ солей.

Свойства каждой соли въ водномъ растворѣ являются суммой свойствъ ея іоновъ. Этимъ фактомъ издавна уже пользовалась аналитическая химія, опредѣлявшая составныя части солеобразныхъ соединеній по реакціямъ ихъ іоновъ. Такъ, всякому, кто знакомъ хотя бы лишь поверхностно съ химическими реакціями, извѣстно, что всѣ хлористыя соединенія металловъ (хлористый натрій, хлористый кальцій, хлористое желѣзо и т. д.) имѣютъ общія реакціи. Напримѣръ, съ азотнокислымъ серебромъ всѣ эти соли даютъ осадокъ хлористаго серебра, весьма трудно растворимый въ водѣ. Эта реакція составляетъ, слѣдовательно, характерную реакцію іона хлора, образуемаго всѣми упомянутыми солями при ихъ раствореніи въ водѣ:

$$NaCl = \overset{+}{Na} + \overset{-}{Cl}.$$

хлористый натрій = іонъ натрія + іонъ хлора.

Что мы здѣсь, дѣйствительно, имѣемъ дѣло съ реакціей іона хлора, слѣдуетъ изъ того, что органическія хлористыя соединенія, не проводящія электрическаго тока и не образующія іоновъ, не показываютъ этой реакціи. Такъ, напримѣръ, хлороформъ не даетъ никакого осадка съ азотнокислымъ серебромъ. Не даетъ осадка и хлорноватокаліевая, или такъ называемая бертолетова соль. Эта послѣдняя разлагается на іоны, но образуетъ не іонъ хлора, а іонъ хлорноватой кислоты:

$$KClO_3 = \overset{+}{K} + \overset{-}{ClO_3}$$

хлорноватокаліевая соль = іонъ калія + іонъ хлорноватой кислоты.

По этой же причинѣ такъ называемая желтая соль, или желѣзистоціанистый калій, не обнаруживаетъ обыкновенныхъ реакцій желѣза. Съ роданистымъ каліемъ она не даетъ кровянокраснаго окрашиванія. Соль эта содержитъ, правда, желѣзо, но

послѣднее не образуетъ въ растворѣ іона желѣза, а входитъ въ составъ болѣе сложнаго іона желѣзистоціанистой кислоты, что̀ доказано изслѣдованіями Гитторфа о переносѣ іоновъ при электролизѣ:

$$K_4Fe(CN)_6 = 4\overset{+}{K} + \overset{----}{Fe(CN)_6}$$

желтая кровяная соль = іоны калія + желѣзистоціанистый іонъ.

Въ этомъ направленіи задачи неорганической химіи дѣйствительно могли считаться вполнѣ исчерпанными. Дальнѣйшее развитіе этой отрасли науки могло пойти только въ направленіи открытія и изученія новыхъ несолеобразныхъ соединеній. Для этого нужны были новые методы. Они то и были заимствованы изъ физической химіи. Ихъ разработкой и примѣненіемъ мы обязаны, главнымъ образомъ, Муассану. Не много есть химиковъ, которые бы за сравнительно короткій періодъ научной дѣятельности успѣли рѣшить столько важныхъ и трудныхъ проблемъ, какъ этотъ геніальный экспериментаторъ. Для него не существовало техническихъ трудностей. Онъ могъ взяться за какую-угодно задачу,— и вездѣ ему помогала необыкновенно счастливая рука.

Анри Муассанъ родился въ Парижѣ въ 1852 г. Отецъ его былъ желѣзнодорожнымъ служащимъ, и семьѣ приходилось постоянно бороться съ нуждой. Анри сначала поступилъ въ ученіе въ аптеку, и лишь позже сталъ изучать химію. Въ сравнительно позднемъ возрастѣ, 30-ти лѣтъ отъ роду, онъ поступилъ въ Парижскій университетъ, и въ 1877 г. получилъ степень «docteur ès sciences», представивъ диссертацію объ окислахъ желѣза, разработанную имъ подъ руководствомъ Сенъ-Клеръ Девиля и Дебрэ. Съ 1879 до 1899 г. Муассанъ состоялъ профессоромъ Высшей фармацевтической школы въ Парижѣ; только въ 1900 г. онъ былъ приглашенъ въ Сорбонну на каѳедру химіи, которую, однако, ему суждено было занимать недолго: въ 1907 г. Муассанъ скончался, всего 55 лѣтъ отъ роду, въ полномъ разгарѣ работы, на пути къ новымъ открытіямъ. Муассанъ отличался блестящимъ ораторскимъ талантомъ: легкая и плавная рѣчь, свойственная французамъ, сопровождалась у него весьма пріятной жестикуляціей. У меня до сихъ поръ живо воспоминаніе о его симпатичной личности: я видѣлъ его въ 1903 г., когда онъ на

V международномъ съѣздѣ прикладной химіи читалъ докладъ о своихъ изслѣдованіяхъ надъ водородистыми металлами. Блестящій докладъ былъ покрытъ долго несмолкавшими аплодисментами.

Первыя изслѣдованія Муассана, обратившія на него вниманіе

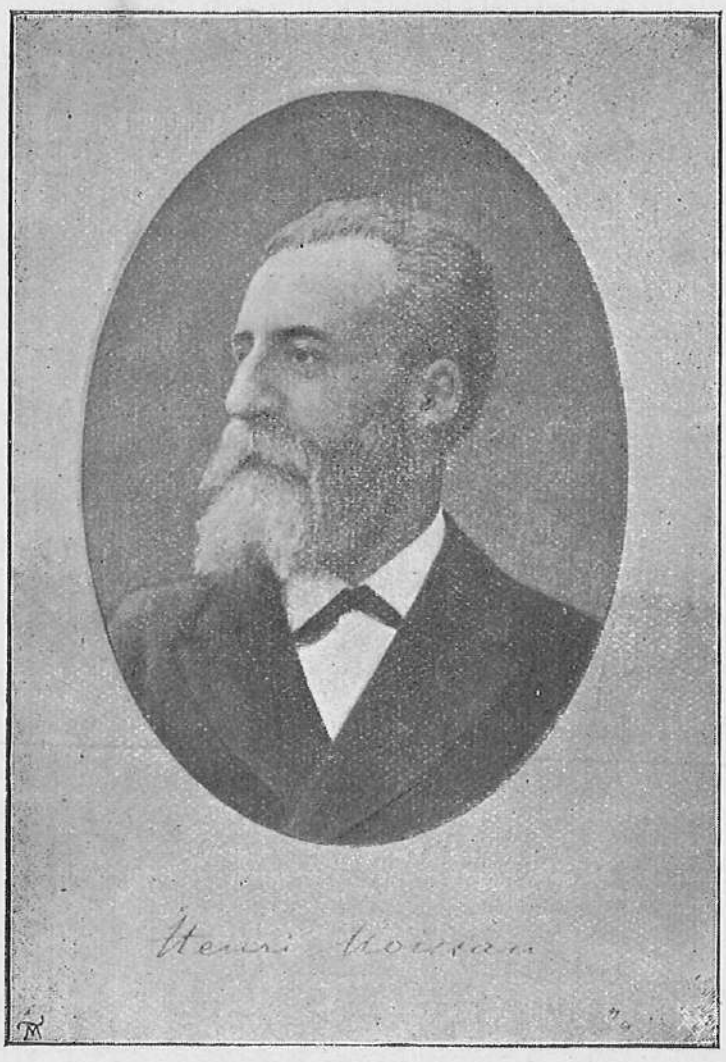


Рис. 67. Анри Муассанъ (1852—1907).

ученаго міра и обнаружившія его необыкновенный экспериментаторскій талантъ, имѣли своей задачей полученіе одного изъ элементовъ, соединенія котораго давно были извѣстны и даже весьма распространены въ природѣ. Этотъ элементъ есть фторъ, принадлежащій къ той же группѣ, что и хлоръ, бромъ и іодъ. Фтористоводородная кислота, соединеніе фтора съ водородомъ, замѣчательна тѣмъ, что она растворяетъ стекло. Давно уже химики

пытались получить этотъ элементъ въ свободномъ видѣ изъ его соединеній. Но до 1886 г. всѣ эти попытки кончались неудачей. Причина этихъ неудачъ заключается въ слѣдующемъ. Фторъ есть самый энергичный изъ всѣхъ элементовъ и соединяется почти со всѣми другими элементами, кромѣ кислорода, столь жадно, что происходитъ воспламененіе. Фторъ дѣйствуетъ не только на стекло*), но даже на платину; поэтому весьма трудно найти матеріалъ для сосудовъ, въ которыхъ можно было бы получить фторъ. Однако, эти затрудненія не остановили Муассана, но послужили стимуломъ для цѣлаго ряда опытовъ, которые продолжались болѣе двухъ лѣтъ, и, наконецъ, привели къ желанной цѣли. Послѣдняя была достигнута слѣдующимъ образомъ. Растворъ фтористаго калія въ безводной фтористоводородной кислотѣ былъ подвергнутъ электролизу при весьма низкой температурѣ въ U-образной платиновой трубкѣ. На анодѣ выдѣлился искомый газъ — фторъ. Этотъ газъ обладаетъ замѣчательными свойствами: сѣра, фосфоръ, бромъ, іодъ, калій, водородъ, всѣ эти элементы воспламеняются въ соприкосновеніи со фторомъ. Всѣ органическія соединенія, содержащія водородъ, разлагаются этимъ элементомъ. Онъ разлагаетъ уже при обыкновенной температурѣ столь прочное соединеніе, какъ воду, выдѣляя изъ нея кислородъ въ видѣ озона.

Двѣнадцать лѣтъ продолжалъ Муассанъ свои изысканія надъ фторомъ и его соединеніями; эти изслѣдованія, опубликованныя авторомъ въ книжкѣ: «Le fluor et ses composés», привели къ чрезвычайно интереснымъ результатамъ. Между прочимъ оказалось, что фторъ есть газъ желто-зеленаго цвѣта, при—187° переходящій въ свѣтло-желтую жидкость, а при—210° затвердѣвающій въ желтую кристаллическую массу. Онъ сжижается, слѣдовательно, гораздо труднѣе, чѣмъ хлоръ. Химическая энергія фтора столь велика, что онъ взрываетъ даже при температурѣ жидкаго водорода, т. е. около—250°, при соприкосновеніи съ жидкимъ водородомъ. Почти всѣ извѣстныя химическія реакціи останавливаются при этой температурѣ, лежащей всего на 23 градуса выше абсолютнаго нуля.

---

*) Впослѣдствіи Муассанъ нашелъ, что совершенно сухой фторъ не дѣйствуетъ на стекло.

Какъ бы въ противовѣсъ этому предѣлу холода, соотвѣтствующему «полной смерти матеріи», Муассанъ изобрѣтаетъ способъ для полученія самыхъ высокихъ температуръ, какія когда-либо были достигнуты на нашей планетѣ. Обыкновенный способъ нагрѣванія состоитъ, какъ извѣстно, въ сжиганіи разныхъ веществъ, способныхъ соединяться съ кислородомъ и выдѣляющихъ при этомъ значительныя количества теплоты. Такими веществами служатъ уголь, керосинъ, свѣтильный газъ, водородъ, ацетиленъ и др. Въ этомъ отношеніи особенно пригоденъ ацетиленъ, какъ газъ, обладающій самой большой теплотой сгоранія. Но всѣ эти вещества даже при горѣніи въ чистомъ кислородѣ не дадутъ намъ никогда температуры выше 2000°. Не говоря уже о значительной потерѣ тепла во всякой печи вслѣдствіе лучеиспусканія и теплопроводности, мы должны усматривать главное препятствіе въ томъ, что уже при 2000° реакція горѣнія происходитъ неполнымъ образомъ вслѣдствіе нѣкотораго распада продуктовъ горѣнія — углекислоты и воды — на элементы. Этотъ распадъ происходитъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ выше температура. Такимъ образомъ, реакціи, сопровождающія горѣніе, при высокой температурѣ пламени являются реакціями обратимыми, и это обстоятельство полагаетъ предѣлъ дальнѣйшему нагрѣванію печи.

Дѣйствіе электрической печи Муассана основано на совершенно другомъ принципѣ. Для полученія возможно высокой температуры Муассанъ пользуется тѣми громадными количествами теплоты, которыя развиваются въ электрической дугѣ. Приборъ, изобрѣтенный для этой цѣли Муассаномъ, отличается чрезвычайной простотой. Два угольныхъ электрода вводятся внутрь четырехугольной печи, построенной изъ известняка. Внутри печки просверлено цилиндрическое отверстіе, въ которое вставляется тигель изъ магнезіи или другого тугоплавкаго вещества.

При замыканіи вольтовой дуги моментально получается сильное нагрѣваніе. Изъ отверстій печки бьетъ пламя, окрашенное въ пурпурный цвѣтъ ціанистымъ водородомъ, образующимся отъ дѣйствія угля на водяные пары и азотъ воздуха при высокой температурѣ. Скоро пурпурный цвѣтъ пламени исчезаетъ, уступая мѣсто бѣлымъ облакамъ испаряющейся извести. Примѣняя токъ въ 110 вольтъ и 500 амперовъ, можно уже спустя одну

или двѣ минуты достигнуть въ печи температуры въ 3000°!

Вслѣдствіе своей простоты, электрическая печь особенно удобна для лабораторныхъ опытовъ. Съ помощью этой печи Муассанъ сдѣлалъ въ короткое время цѣлый рядъ открытій огромной важности. При высокой температурѣ электрической печи (усиленіемъ тока ее можно довести до 3500°) сплавляются и даже испаряются самыя устойчивыя минеральныя вещества. Известь, изъ которой состоитъ вещество печки, испаряется въ громадныхъ количествахъ. Кремнеземъ плавится въ печи почти моментально и послѣ нѣсколькихъ минутъ закипаетъ. Аморф-

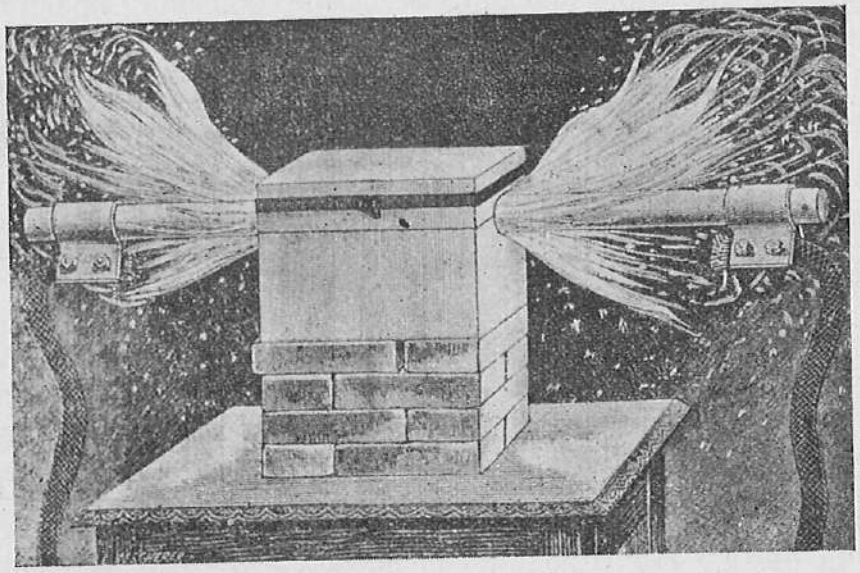


Рис. 68. Электрическая печь Муассана въ дѣйствіи.

ный уголь превращается въ графитъ, а затѣмъ возгоняется, не плавясь. Наконецъ, при помощи электрической печи можно легко перегонять всѣ металлы, какъ обыкновенныя жидкости. Такъ, Муассанъ перегонялъ мѣдь, серебро, золото, даже платину и желѣзо. При высокой температурѣ въ 3000° можно легко получать элементы изъ ихъ кислородныхъ соединеній, возстановляя послѣднія углемъ; раньше же эти элементы приходилось получать весьма сложными пріемами.

Такимъ образомъ удалось получить ураиъ, хромъ, молибденъ, вольфрамъ, алюминій и другіе элементы. Извѣстно, что алюминій нынѣ получается исключительно въ электрическихъ печахъ. Дешевизной и широкимъ распространеніемъ этого столь

полезнаго металла, который еще лѣтъ двадцать тому назадъ считался научной рѣдкостью, мы обязаны изобрѣтенію Муассана.

Въ рукахъ такого геніальнаго экспериментатора, какимъ былъ Муассанъ, электрическая печь явилась орудіемъ для открытія новыхъ классовъ соединеній, имѣющихъ весьма важное значеніе, не только теоретическое, но и практическое. Сюда относятся соединенія углерода, бора и кремнія съ металлами, извѣстныя подъ именемъ карбидовъ, боридовъ и силицидовъ. Всѣ они образуются въ электрической печи путемъ прямого взаимодѣйствія элементовъ.

Изъ всѣхъ этихъ соединеній самое большое практическое примѣненіе нашелъ карбидъ кальція. Это соединеніе важно для насъ потому, что отъ дѣйствія воды оно разлагается уже при обыкновенной температурѣ, выдѣляя газъ ацетиленъ:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

карбидъ кальція + вода = гашеная известь + ацетиленъ.

Намъ уже извѣстно (ср. стр. 249), что этотъ газъ, благодаря значительному запасу энергіи, при горѣніи даетъ пламя болѣе высокой температуры и болѣе яркое по свѣту, нежели пламя обыкновеннаго свѣтильнаго газа. Благодаря открытію Муассана, мы можемъ весьма легко получать этотъ газъ изъ карбида кальція и воды въ приборахъ чрезвычайно простой конструкціи, какъ извѣстныя ацетиленовыя лампочки велосипедовъ или автомобилей. Слѣдуетъ обратить особое вниманіе на то, что карбидъ кальція получается прямо изъ извести и угля, — двухъ продуктовъ, отличающихся чрезвычайной дешевизной. Поэтому цѣна карбида, а, слѣдовательно, и ацетилена, опредѣляется почти исключительно стоимостью энергіи, израсходованной на полученіе электрическаго тока. Самымъ дешевымъ источникомъ энергіи до сихъ поръ остается энергія водопадовъ; эта энергія раньше пропадала даромъ, но въ послѣднее время она все больше и больше примѣняется на пользу человѣчества. Однимъ изъ лучшихъ способовъ для сохраненія этой энергіи и является утилизація ея для полученія карбида. Карбидъ можетъ лежать неопредѣленно долгое время и легко перевозится; въ любой моментъ онъ можетъ возвратить намъ накопленный въ немъ запасъ энергіи въ видѣ теплоты и свѣта.

Замѣчательно для характеристики Муассана, что онъ лично не извлекъ никакой матеріальной пользы изъ своего открытія. Служа только наукѣ, онъ охотно предоставлялъ другимъ практическое примѣненіе своихъ открытій, а самъ довольствовался той чистой радостью, которая для служителя истины дороже всѣхъ соблазновъ мамоны.

Для изслѣдователя исторіи научныхъ открытій не безынтересенъ тотъ путь, который привелъ Муассана къ изобрѣтенію электрической печи и къ вытекавшимъ отсюда открытіямъ. Первые опыты, какъ нерѣдко бываетъ, преслѣдовали совершенно другую цѣль, а именно, искусственное полученіе алмаза.

Уже Лавуазье доказалъ, что алмазъ есть чистая природная разновидность элемента углерода. Алмазъ сгораетъ въ кислородѣ, образуя, какъ продуктъ горѣнія, чистый углекислый газъ и, слѣдовательно, въ химическомъ отношеніи тождественъ съ другими, извѣстными намъ формами углерода: съ графитомъ и съ обыкновеннымъ аморфнымъ углемъ. Такъ какъ послѣднія двѣ разновидности достаточно дешевы, то превращеніе ихъ въ алмазъ представляло бы предпріятіе болѣе чѣмъ выгодное. Къ сожалѣнію, значительныя затрудненія препятствуютъ пока такому способу обогащенія.

Уголь можно, правда, легко перевести въ кристаллическое состояніе. Муассанъ для этой именно цѣли изобрѣлъ свою электрическую печь. Достаточно нагрѣть въ этой печи аморфный, т. е. обыкновенный, уголь до высокой температуры, чтобы заставить его кристаллизоваться. Но продуктомъ кристаллизаціи является отнюдь не алмазъ, а гораздо менѣе цѣнная форма углерода—графитъ. Этотъ способъ и примѣняется нынѣ въ техникѣ для искусственнаго полученія графита.

Новѣйшія изслѣдованія привели къ заключенію, что въ предѣлахъ температуръ, доступныхъ наблюденію, алмазъ образуетъ неустойчивую форму углерода. Правда, если она разъ возникла, то можетъ сохраняться неопредѣленно долгое время при низкой температурѣ, несмотря на неустойчивость; но это обусловливается пассивностью матеріи при низкой температурѣ. Дѣйствительно, достаточно нагрѣть алмазъ до 3000^0, чтобы превратить его въ графитъ. Конечно, отъ такого превращенія нельзя ожидать матеріальной выгоды.

Если, такимъ образомъ, факты не могутъ особенно поощрить экспериментаторовъ, то, съ другой стороны, теорія не даетъ еще повода къ отчаянію. Въ самомъ дѣлѣ, намъ извѣстно довольно много тѣлъ, которыя въ условіяхъ нашей планеты являются неустойчивыми, но, несмотря на это, находятся въ природѣ и даже примѣняются въ практикѣ. Извѣстно, напримѣръ, что обыкновенное олово есть неустойчивая разновидность элемента; то же самое извѣстно относительно различныхъ сортовъ желѣза. Не подлежитъ сомнѣнію, что и алмазъ когда-то произошелъ въ гигантской лабораторіи нашей планеты, хотя, быть можетъ, въ такихъ условіяхъ, которыхъ намъ не удается воспроизвести нашими ограниченными средствами и за тотъ сравнительно краткій промежутокъ времени, которымъ мы можемъ располагать въ нашихъ опытахъ.

Муассану природныя нахожденія алмаза дали нѣкоторыя важныя указанія для дальнѣйшихъ изысканій. Онъ подвергнулъ анализу метеоритъ, упавшій 23-го августа 1886 г. въ Пензенской губерніи*). Этотъ метеоритъ сначала былъ анализированъ Ерофеевымъ и Лачиновымъ въ лабораторіи С. Петерб. Лѣсного Института. Анализъ Муассана подтвердилъ, что этотъ метеоритъ содержитъ кристаллики чернаго алмаза. На основаніи этого факта Муассанъ пришелъ къ заключенію, что образованіе алмаза изъ угля можетъ происходить при чрезвычайно быстромъ охлажденіи всей массы и подъ высокимъ давленіемъ Съ такимъ взглядомъ онъ приступилъ къ опыту.

Муассанъ растворялъ уголь въ желѣзѣ, сплавленномъ при весьма высокой температурѣ. Для полученія этой высокой температуры онъ и изобрѣлъ свою электрическую печь. Сплавъ угля съ желѣзомъ, нагрѣтый до 3000°, онъ выливалъ въ воду. Вода при этомъ бурлитъ и закипаетъ; часть ея подвергается даже разложенію отъ дѣйствія высокой температуры. Поверхность желѣза моментально покрывается коркой застывшаго металла. Охлажденіе проникаетъ вглубь и вызываетъ застываніе всей массы и выдѣленіе растворенаго углерода. Тутъ на сцену выступаетъ другой факторъ—давленіе. Извѣстно, что желѣзо принадле-

*) Часть этого метеорита пропала для науки вслѣдствіе того, что крестьяне этой мѣстности поспѣшили съѣсть этотъ «небесный даръ».

житъ къ немногочисленному классу тѣлъ, которыя при затвердѣваніи расширяются. Такъ какъ, однако, твердая корка препятствуетъ расширенію, то внутри полузастывшей массы возникаетъ огромное давленіе. Такимъ образомъ, одновременно достигаются оба условія природнаго образованія алмаза: углеродъ выдѣляется подъ высокимъ давленіемъ и съ весьма большой скоростью. Результатъ вполнѣ оправдалъ ожиданія Муассана. Послѣ того, какъ застывшее и охлажденное желѣзо было растворено въ соляной кислотѣ, на днѣ сосуда, въ которомъ производилось раствореніе, остались кристаллики микроскопической величины, рѣзавшіе стекло и даже рубинъ и отличавшіеся значительной плотностью. Анализъ кристалликовъ показалъ, что они представляютъ чистый углеродъ. Конечно, этотъ первый успѣхъ не даетъ еще надежды на практическіе результаты: количество кристалликовъ и величина ихъ были чрезвычайно малы, расходы же на токъ силою въ нѣсколько тысячъ амперовъ составляютъ не меньше 4—5 франковъ въ минуту. Всего для этого опыта было израсходовано 31 500 ваттовъ.

Такимъ образомъ, Муассанъ первый доказалъ возможность искусственнаго полученія алмаза. Смерть помѣшала ему продолжать эти интересные опыты. Но ихъ продолжаютъ другіе, и весьма возможно, что со временемъ опыты изъ лабораторіи будутъ перенесены въ практику, какъ искусственное изготовленіе рубиновъ, алмазовъ и другихъ драгоцѣнныхъ камней.

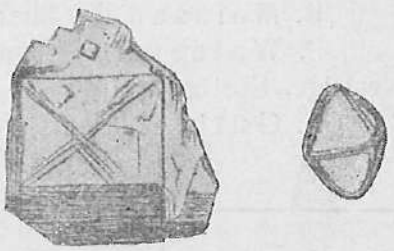


Рис. 69. Искусственные алмазы, изготовленные Муассаномъ.

Мы не можемъ здѣсь распространяться о другихъ изслѣдованіяхъ Муассана, приведшихъ къ открытію водородистыхъ соединеній металловъ, къ открытію легкаго способа для полученія кальція и къ другимъ важнымъ результатамъ. Упомяну лишь о его обширномъ трудѣ Traité de chimie minérale, въ пяти томахъ котораго собрано все, что въ настоящее время извѣстно о неорганическихъ соединеніяхъ. Изложенное нами доказываетъ въ достаточной степени, что это былъ геніальный экспериментаторъ, вдохновившій неорганическую химію новыми идеями, которыми она еще долго будетъ питаться.

ИСТОЧНИКИ.

L. Meyer. Die modernen Theorien der Chemie. Breslau, 1884.

L. Meyer. Grundzüge der theoretischen Chemie. Leipzig, 1890.

J. H. van't Hoff. La chimie dans l'espace. Rotterdam, 1875.

J. H. van't Hoff. Études de dynamique chimique. Amsterdam, 1884.

J. H. van't Hoff. Lois de l'équilibre chimique. Svenska Vetenskaps Akad. Handlingar 21. № 17. Ostwald's Klassiker № 110. Leipzig, 1900.

J. H. van't Hoff. Wie die Theorie der Lösungen entstand? Ber. chem. Ges 27, 1 (1893).

J H. van't Hoff. Vorlesungen über physikalische Chemie. Braunschweig, 1898.

J. H. van't Hoff. Acht Vorträge über physikalische Chemie. Braunschweig, 1902.

W. Ostwald. Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig, 1893—1908.

W. Ostwald. Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Leipzig, 1901.

W. Ostwald. Grundriss der allgemeinen Chemie. Leipzig, 1899.

W. Ostwald. Grundlinien der anorganischen Chemie. Leipzig, 1904.

W. Ostwald. Die Schule der Chemie. Braunschweig, 1904.

E. Cohen. Jacobus Henricus van't Hoff. Leipzig, 1899.

P. Walden. Wilhelm Ostwald. Leipzig, 1904.

M. Centnerszwer. Teorya jonów. Warszawa, 1900.

H. Moissan. Le fluor et ses composés. Paris, 1900.

P. Walden. Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge. Stuttgart, 1910.

A. Gutbier. Henri Moissan. Erlangen, 1909.

ЛЕКЦІЯ X.

Новые элементы. Радіоактивность.

Содержаніе: Предположеніе о сложномъ строеніи элементовъ. — Первыя попытки обнаружить періодичность въ свойствахъ элементовъ. — Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ. — Періодическая система элементовъ. — Нулевая группа или благородные газы. — Вильямъ Рамзай. — Новые лучи. — Супруги Кюри. — Полоній. — Открытіе радія въ урановой обманкѣ. — Актиній. — Свойства радія. — Образованіе теплоты. — Физіологическія дѣйствія. — Продукты радія. — Активный осадокъ и эманація. — Лучи α, β, γ. — Величина атома гелія. — Спинтарископъ. — Дальнѣйшая судьба эманаціи. — Родословная радія. — Другіе радіоактивные элементы. — Превращеніе элементовъ. — Новѣйшія изслѣдованія.

Мм. Гг.

Въ одной изъ предыдущихъ лекцій я старался изобразить запутанные пути, по которымъ пришлось итти понятію «элементъ», прежде чѣмъ оно достигло той простоты и ясности, благодаря которымъ это понятіе теперь кладется въ основу всякаго, даже самаго элементарнаго, курса химіи. Но вмѣстѣ съ тѣмъ всякому какъ спеціалисту, такъ и начинающему, бросается въ глаза одинъ крупный недостатокъ химической системы, основанной на современномъ понятіи объ элементѣ: это — многочисленность элементовъ.

Дѣйствительно, присущее человѣку стремленіе къ упрощенію и въ данномъ случаѣ упорно навязываетъ намъ мысль о единствѣ матеріи и поддерживаетъ въ насъ вѣру въ существованіе одного «первичнаго элемента», изъ котораго произошли всѣ остальные элементы. Къ сожалѣнію, развитіе химіи не принесло до послѣдняго времени ни одного факта, который могъ бы служить неопровержимымъ доказательствомъ этого предположенія, и, напротивъ, приносило все новые факты, прямо ему противорѣчащіе.

Прежде всего, невозможность искусственнаго превращенія элементовъ, подтвержденная многочисленными попытками получе-

нія золота, которыя предпринимались алхимиками, могла служить доказательствомъ многообразія матеріи. А все новыя открытія неизвѣстныхъ дотолѣ элементарныхъ тѣлъ, казалось, свидѣтельствовали о томъ, что число элементовъ вмѣсто того, чтобы уменьшаться, постоянно возрастаетъ.

Но вѣра въ единство вселенной была въ данномъ случаѣ столь сильна, что не позволила побѣдить себя; не находя поддержки въ непосредственныхъ доказательствахъ, эта вѣра старалась подыскать косвенные доводы въ различныхъ свойствахъ элементовъ.

Однимъ изъ такихъ свойствъ, болѣе другихъ характеризующимъ индивидуальность элементовъ, вскорѣ былъ признанъ атомный вѣсъ. Намъ уже извѣстно, что атомные вѣса элементовъ (ср. таблицу на стр. 163) представляютъ весьма важныя постоянныя, что они являются единицами вѣса, характерными для каждаго отдѣльнаго элемента, что это есть именно тѣ вѣса, которые слѣдуетъ принимать во вниманіе при сравненіи различныхъ элементовъ.

Простое сравненіе еще разъ обнаружитъ намъ практическое значеніе этихъ величинъ.

Извѣстенъ и вполнѣ понятенъ тотъ фактъ, что различные металлы имѣютъ неодинаковую цѣну; это обнаруживается, когда мы желаемъ одинъ металлъ обмѣнять на другой. Тогда мы не мѣняемъ фунтъ на фунтъ или лотъ на лотъ, но беремъ неодинаковые вѣса обоихъ металловъ соотвѣтственно тому отношенію, въ какомъ находятся цѣны этихъ металловъ.

То же самое мы видимъ и въ химіи. Мы неоднократно имѣли возможность убѣдиться, что и здѣсь происходятъ явленія, напоминающія на первый взглядъ мѣновую торговлю. А именно, одни элементы обмѣниваются на другіе, и при этой замѣнѣ — какъ въ торговлѣ—берутся не одинаковые вѣса, но находящіеся въ извѣстныхъ опредѣленныхъ отношеніяхъ,—въ отношеніяхъ атомныхъ вѣсовъ.

Подобно тому, какъ въ обыденной жизни для упрощенія расчетовъ цѣна одного металла, а именно золота, принята за единицу, и къ ней приводятся цѣны всѣхъ другихъ металловъ, и даже вообще товаровъ, такъ и въ наукѣ атомный вѣсъ одного элемента (напримѣръ, водорода) принимается за единицу, и рав-

нозначные вѣса другихъ элементовъ опредѣляются по сравненію съ выбранной единицей.

Случайно эта аналогія проявилась еще въ одномъ отношеніи. Политическая экономія признаетъ двѣ единицы цѣнности: золото и серебро. Точно такъ же и въ химіи существуютъ два элемента, принятые за основаніе въ исчисленіи атомныхъ вѣсовъ: водородъ и кислородъ. Оба эти элемента имѣютъ нѣкоторыя достоинства, но имѣютъ также и недостатки, и до настоящаго времени не достигнуто еще полнаго согласія въ выборѣ того или другого, хотя кислородъ пріобрѣтаетъ все болѣе сторонниковъ.

Для сторонниковъ единства матеріи эти атомные вѣса должны были послужить точкой опоры. Еще въ 1815 году Пру замѣтилъ, что атомные вѣса мало отличаются отъ цѣлыхъ чиселъ. Такъ какъ методы опредѣленія этихъ чиселъ были тогда неточны и, вообще, ученые не очень старались возможно точнѣе ихъ опредѣлить, то Пру былъ въ правѣ предположить, что отклоненія извѣстныхъ атомныхъ вѣсовъ отъ цѣлыхъ чиселъ обусловливаются исключительно погрѣшностями опыта.

За единицу атомныхъ вѣсовъ принимали тогда водородъ. Допуская, что водородъ является «первичнымъ элементомъ», а всѣ остальные элементы суть лишь скопленія разныхъ количествъ атомовъ водорода, Пру могъ легко объяснить, почему атомные вѣса приближаются къ цѣлымъ числамъ. Дѣйствительно, если атомы элемента состоятъ изъ атомовъ водорода, то, очевидно, отношенія ихъ атомныхъ вѣсовъ къ атомному вѣсу водорода должны выражаться цѣлыми числами.

Къ сожалѣнію, вѣра въ такое простое отношеніе была разрушена жестокой дѣйствительностью. Точныя измѣренія атомныхъ вѣсовъ, произведенныя Берцеліусомъ, а впослѣдствіи опредѣленія Стаса (1813—1891), считавшіяся до послѣдняго времени идеальными по точности, неопровержимо доказали, что атомные вѣса не выражаются цѣлыми числами, хотя и нельзя отрицать, что большинство ихъ болѣе или менѣе приближается къ этому идеалу.

И вотъ замѣчается, что по мѣрѣ увеличенія точности измѣреній, все меньше становится основная единица, опредѣляющая атомный вѣсъ «праматеріи». Уже Дюма былъ вынужденъ принять за единицу половину атомнаго вѣса водорода, а его послѣдователи, не желая отказаться отъ мысли о сложномъ ха-

рактерѣ атомныхъ чиселъ, должны были довольствоваться четвертью, и даже восьмой частью указанной единицы. Понятно, что вслѣдствіе этого величина атомнаго вѣса «праэлемента» вскорѣ стала меньше погрѣшностей, неизбѣжныхъ при опредѣленіи атомныхъ вѣсовъ, и такимъ образомъ весь этотъ вопросъ былъ окончательно перенесенъ изъ области опыта въ страну миѳовъ и фантазіи.

Несмотря на это, мысль о существованіи «праматеріи» повторяется по временамъ въ различныхъ сочиненіяхъ; мы находимъ ее какъ у первостепенныхъ изслѣдователей (Круксъ, Локіеръ и другіе), такъ и у начинающихъ полуспеціалистовъ, которые предаются этой заманчивой идеѣ съ наивнымъ пыломъ первой любви къ природѣ. Въ особенности нѣмецкая популярно-научная литература выбрасываетъ ежегодно на книжный рынокъ десятки такого рода продуктовъ, которые нисколько не вредили бы, если бы... не были напечатаны.

Въ послѣднее время Николай Александровичъ Морозовъ въ совершенствѣ развилъ мысль о существованіи «праэлемента» на основаніи подробнаго изученія фактическаго матеріала. Эта теорія зародилась и была выношена подъ сводами Шлиссельбургскаго каземата. Въ гипотезѣ Морозова старательно развита аналогія между неорганическими элементами и гомологичными соединеніями углерода и водорода. Въ неорганической химіи гелій долженъ играть такую же преобладающую роль, какъ углеродъ въ органической. Но самъ «праэлементъ» обладаетъ гипотетическимъ характеромъ. Авторъ называетъ его «архономъ» и приписываетъ ему слѣдующія свойства: атомный вѣсъ его равенъ 2, атомность же 8; восемь связей, соотвѣтствующихъ атомности архона, направлены къ восьми плоскостямъ правильнаго восьмигранника. Всѣ производныя (т. е. дѣйствительные элементы) получаются отъ соединенія нѣсколькихъ атомовъ «архона» и прибавленія различныхъ количествъ «протогелія» и «протоводорода».

Историческая критика, къ сожалѣнію, не можетъ предсказать этимъ гипотезамъ прочнаго успѣха. Какъ я уже упомянулъ въ одной изъ предыдущихъ лекцій, эволюція элементовъ, продолжавшаяся въ теченіе столѣтій, отъ Аристотеля до Ванъ Гельмонта, и завершенная безсмертнымъ Лавуазье, привела къ тому, что элементами были признаны реальныя тѣла, тѣ

вещества, которыя можно дѣйствительно получить путемъ разложенія составныхъ тѣлъ, и изъ которыхъ можно обратно построить эти послѣднія.

Въ виду неоцѣнимыхъ достоинствъ этого основаннаго на опытѣ опредѣленія элементовъ, наука врядъ ли рѣшится сойти съ того пути, по которому она шла въ теченіе вѣковъ, чтобы признать гипотетическіе элементы въ родѣ протоводорода, тѣмъ болѣе, что въ настоящее время таковые въ состояніи дать лишь временное удовлетвореніе нашему желанію упростить природу*).

Хотя въ виду этого всѣ попытки основать гипотезы единства матеріи на атомныхъ вѣсахъ слѣдуетъ признать неудачными, тѣмъ не менѣе, какъ часто случается въ жизни, подробный разборъ этихъ вѣсовъ далъ плоды тамъ, гдѣ ихъ совсѣмъ не ожидали, а именно въ химической систематикѣ. Но и въ этомъ вопросѣ такъ же, какъ и въ другихъ областяхъ, развитіе основной мысли совершалось весьма медленно, и еще медленнѣе проникала она въ общество. Мы сейчасъ въ этомъ убѣдимся.

Лишь только Дальтонъ заложилъ фундаментъ атомной гипотезы, лишь только были произведены первыя грубыя опредѣленія атомныхъ вѣсовъ, Деберейнеръ сталъ искать въ нихъ правильности. Дѣйствительно, ему удалось въ 1817 году открыть весьма знаменательное соотношеніе. Сходные между собою элементы можно сгруппировать въ классы, состоящіе каждый изъ трехъ элементовъ,—въ такъ называемыя тріады. Атомный вѣсъ средняго члена такой тріады приблизительно равенъ среднему ариѳметическому вѣсовъ двухъ крайнихъ элементовъ. Это правило тріадъ иллюстрируютъ слѣдующіе примѣры:

калій	= 39,14	рубидій = 85,4	кальцій	= 40,0	стронцій = 87,5
цезій	= 132,9		барій	= 137,0	
среднее	= 86,0		среднее	= 88,5	

хлоръ	= 35,45	бромъ = 79,98
іодъ	= 126,85	
среднее	= 81,15	

Съ тѣхъ поръ мысль о закономѣрной зависимости между химическими и физическими свойствами элементовъ и ихъ атом-

*) Однако, въ послѣднее время дѣлаются попытки разсматривать атомы, какъ скопленія электроновъ.

ными вѣсами не сходитъ съ порядка дня. Лойссенъ, Петтенкоферъ, Кремерсъ, Гладстонъ и Дюма стараются обобщить этотъ законъ, стремятся къ открытію «общаго» закона атомныхъ вѣсовъ. Но лишь въ семидесятые годы прошлаго вѣка этотъ скрытый законъ открывается Ньюлэндсу и Лотарю Мейеру и находитъ полное выраженіе въ извѣстной періодической системѣ элементовъ Менделѣева.

Въ 1864 году Ньюлэндсъ изложилъ свою мысль о періодичности атомныхъ вѣсовъ въ Королевскомъ Обществѣ въ Лондонѣ.

— «Если, говорилъ онъ, мы расположимъ всѣ элементы въ ряды, по восьми въ каждомъ, по ихъ атомнымъ вѣсамъ, то убѣдимся, что черезъ каждые восемь элементовъ слѣдуютъ сходные между собою элементы». Это правило Ньюлэндсъ назвалъ закономъ октавъ.

Но мысль о зависимости атомныхъ вѣсовъ отъ другихъ свойствъ элементовъ казалась тогда столь неправдоподобной, что предсѣдатель общества обратился къ автору съ ироническимъ вопросомъ:

— «Не пробовалъ ли референтъ размѣстить элементы въ алфавитномъ порядкѣ?»

Это доказываетъ, что въ тѣ времена для защиты закона атомныхъ вѣсовъ требовалась, кромѣ другихъ качествъ, еще и значительная доля мужества. Лотаръ Мейеръ въ своихъ лекціяхъ уже нѣсколько лѣтъ примѣнялъ систему элементовъ, основанную на періодичности ихъ атомныхъ вѣсовъ, но онъ не рѣшался опубликовать свою систему въ научныхъ журналахъ.

Этимъ мужествомъ мысли въ рѣдкой степени отличался Менделѣевъ. Съ свойственной русскимъ смѣлой вѣрой во всемогущество идеи, этотъ ученый, не задумываясь, призналъ всякія исключенія изъ вышеуказаннаго закона слѣдствіемъ неполноты нашихъ знаній. Онъ довелъ періодическую систему до предѣловъ совершенства и, что всего интереснѣе, предсказалъ рядъ фактовъ, которымъ суждено было осуществиться черезъ весьма непродолжительное время. Менделѣевъ былъ вполнѣ оригинальной личностью, геніемъ мысли Божьей милостью. Быть можетъ, умѣстно будетъ остановиться на тѣхъ условіяхъ, въ которыхъ этотъ геній появился, блеснулъ и исчезъ.

Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ родился въ 1834 году въ Тобольскѣ. Для физіологовъ небезынтереснымъ будетъ тотъ

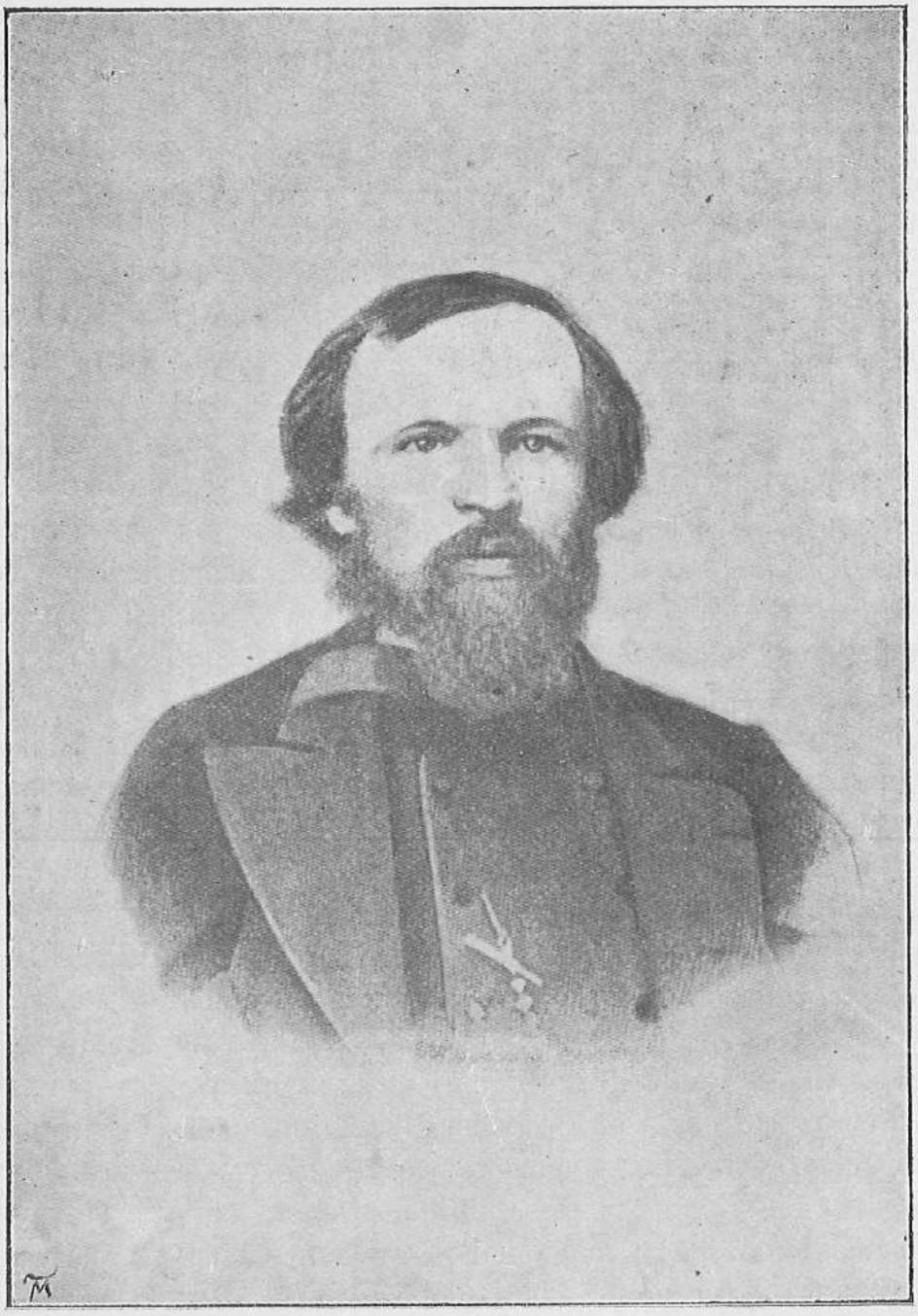


Рис. 70. Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ, профессоръ общей химіи въ концѣ 60-хъ годовъ (1834—1907).

фактъ, что Менделѣевъ былъ въ семьѣ шестнадцатымъ сыномъ. Отецъ его былъ директоромъ Тобольской гимназіи. Это обсто-

ятельство безъ сомнѣнія способствовало тому, что молодой Дмитрій, несмотря на отвращеніе къ латыни, окончилъ гимназію.

Н. А. Морозовъ, біографъ Менделѣева, передаетъ, что и сестра Менделѣева имѣетъ нѣкоторыя заслуги въ этомъ отношеніи. Она вышла замужъ за учителя латыни въ той же гимназіи, гдѣ обучался Дмитрій, и молва гласитъ, что благодаря этому обстоятельству будущій ученый благополучно обошелъ не одно extemporale, т. е. тѣ камни преткновенія, о которые споткнулось много, много жертвъ классицизма.

Однако, вскорѣ Менделѣевъ встрѣтилъ болѣе серьезныя препятствія на пути къ дальнѣйшему образованію. Отецъ его ослѣпъ; ничтожной пенсіи не хватало на удовлетвореніе самыхъ насущныхъ потребностей семьи. Мать съ младшимъ сыномъ переѣхала къ брату въ Москву. Здѣсь Дмитрій долженъ былъ поступить въ канцелярію губернатора и принести себя въ жертву молоху чиновничества. Однако, онъ устоялъ противъ этого искушенія и, несмотря на недостатокъ средствъ, сталъ хлопотать о пріемѣ въ Петербургскій Педагогическій Институтъ. Богиня протекціи, издавна пользующаяся въ этомъ городѣ особеннымъ почетомъ, въ данномъ случаѣ сдѣлала хорошее дѣло: директоръ Института, бывшій товарищъ отца Менделѣева, принялъ Дмитрія въ общежитіе. Такимъ образомъ Менделѣеву дана была возможность получить высшее образованіе.

Окончивъ Педагогическій Институтъ, Менделѣевъ получилъ должность преподавателя въ Симферопольской гимназіи; эту должность онъ принялъ тѣмъ охотнѣе, что его здоровью угрожала серьезная опасность въ случаѣ дальнѣйшаго пребыванія въ петербургскомъ климатѣ. Однако, какая-то внутренняя сила толкала его все выше. Вскорѣ онъ переѣхалъ въ Одессу и, какъ только его здоровье окончательно возстановилось, вернулся въ Петербургъ, гдѣ сталъ приватъ-доцентомъ университета. Это было въ 1856 году. Три года онъ посвятилъ на разработку нѣсколькихъ монографій и на напечатаніе и защиту магистерской работы подъ заглавіемъ: «Объ удѣльныхъ объемахъ».

Менделѣевъ былъ командированъ за границу. Въ теченіе двухъ лѣтъ онъ работалъ въ Гейдельбергѣ подъ руководствомъ Бунзена, Кирхгоффа и Коппа. Пребываніе въ этомъ городѣ оказало сильное, даже рѣшающее вліяніе на характеръ дальнѣй-

шихъ работъ Менделѣева; здѣсь въ умѣ молодого ученаго были заронены первыя сѣмена физико-химическихъ вопросовъ, которыми еще долгое время питался его умъ. Особенное вліяніе оказалъ на него съѣздъ нѣмецкихъ естествоиспытателей въ Карлсруэ въ 1860 году. Въ этомъ съѣздѣ принимали участіе и многіе не нѣмецкіе ученые: Дюма, Вюрцъ, Канницаро и другіе; здѣсь впервые молекулярная гипотеза получила всеобщее признаніе, и основанныя на ней формулы Жерара и Лорана были оффиціально приняты наукой (ср. стр. 170).

Вернувшись изъ заграничной командировки въ 1861 году, Менделѣевъ вновь сталъ приватъ-доцентомъ университета, а въ 1863 году сдѣлался профессоромъ Технологическаго Института; наконецъ, въ 1866 году онъ сталъ ординарнымъ профессоромъ неорганической химіи въ университетѣ. Въ это время онъ выпустилъ обширную докторскую работу о соединеніяхъ спирта съ водой и первое изданіе своихъ извѣстныхъ «Основъ химіи». Вѣроятно, при разработкѣ именно этого сочиненія онъ и открылъ свой періодическій законъ, представляющій важнѣйшую изъ всѣхъ его научныхъ заслугъ.

Подобно своимъ предшественникамъ, Менделѣевъ пришелъ къ убѣжденію, что атомный вѣсъ является существеннымъ основаніемъ для классификаціи элементовъ. Если мы извѣстные элементы расположимъ въ ряды по ихъ атомнымъ вѣсамъ, какъ это изображено на прилагаемой таблицѣ, то легко убѣдимся, что они составляютъ періоды. Эти періоды бываютъ короткіе, изъ 7 элементовъ, и длинные по 11 элементовъ. Въ каждомъ горизонтальномъ ряду химическія и физическія свойства элементовъ измѣняются правильно: такъ, атомность возрастаетъ отъ литія къ фтору, или отъ калія къ марганцу, съ 1 до 7. Точно такъ же измѣняются атомные объемы или температуры плавленія. Такимъ образомъ въ каждомъ вертикальномъ ряду находятся сходные, какъ бы родственные элементы: такъ, въ первомъ ряду мы имѣемъ одноатомные щелочные металлы; во второмъ ряду двуатомные металлы щелочныхъ земель, въ третьемъ—боръ, алюминій и сходные съ ними трехатомные металлы, въ четвертомъ ряду — четырехатомный углеродъ и т. д. Вмѣстѣ съ атомностью измѣняется и химическій характеръ металловъ: такъ, элементы первой группы, напримѣръ, натрій, калій, рубидій

обладаютъ, какъ извѣстно, сильными основными свойствами, т. е. образуютъ самыя крѣпкія основанія: ѣдкое кали и ѣдкій натръ. Далѣе же въ каждомъ горизонтальномъ ряду основной характеръ постепенно исчезаетъ. Соединенія углерода уже слабо кислыя, а въ VII группѣ, т. е. въ соединеніяхъ галоидовъ, кислый характеръ проявляется въ наивысшей степени.

Можно было бы вести эти аналогіи и дальше, но большинство изъ нихъ требуетъ подробныхъ свѣдѣній изъ описательной химіи. Здѣсь же насъ главнымъ образомъ интересуетъ вліяніе, какое оказала эта система на дальнѣйшую судьбу химіи.

Какъ я уже упомянулъ во вступленіи, Менделѣевъ отличался непоколебимой вѣрой во всемогущество идеи. Періодическую систему онъ считалъ закономъ природы. А такъ какъ законы природы не допускаютъ никакихъ отклоненій, то всякія исключенія изъ этой системы Менделѣевъ приписывалъ несовершенству человѣческихъ знаній: ошибкамъ въ опредѣленіи атомныхъ вѣсовъ и незнанію нѣкоторыхъ элементовъ. Оба эти предположенія оправдались въ дѣйствительности.

Атомные вѣса, исправленные Менделѣевымъ, въ нѣсколькихъ случаяхъ оказались согласными съ результатами изслѣдованія; лишь въ одномъ случаѣ исключеніе удержалось до настоящаго времени: вопреки періодической системѣ, атомный вѣсъ теллура больше, чѣмъ іода. Подобное же исключеніе было въ новѣйшее время открыто въ аргонѣ и каліи.

Болѣе поразительное впечатлѣніе произвело сбывшееся предсказаніе новыхъ элементовъ. Вездѣ, гдѣ въ періодахъ оставались пробѣлы, Менделѣевъ поставилъ вопросительные знаки. Всѣ эти пустыя мѣста соотвѣтствуютъ, по его мнѣнію, новымъ, неизвѣстнымъ элементамъ. Ихъ атомные вѣса можно было опредѣлить напередъ посредствомъ интерполяціи; физическія же и химическія свойства ихъ Менделѣевъ предсказалъ на основаніи аналогіи съ другими, извѣстными элементами той же группы. Здѣсь также счастье улыбнулось великому русскому химику.

Въ чрезвычайно короткіе промежутки времени открытъ былъ цѣлый рядъ новыхъ элементовъ, изслѣдованіе которыхъ вполнѣ подтвердило предсказанія Д. И. Менделѣева. Открытіе новыхъ элементовъ могло быть сдѣлано только благодаря из-

обрѣтенію особаго прибора, позволяющаго находить каждый отдѣльный элементъ даже тогда, когда онъ находится въ чрезвычайно ничтожномъ количествѣ, и притомъ въ соединеніи или въ смѣси съ другими элементами. Такую роль сыгралъ спектроскопъ, который былъ введенъ въ химію Кирхгоффомъ и Бунзеномъ.

Въ 1821 г. Фрауенгоферъ подробно изучилъ солнечный спекторъ, который легко получить, пропуская свѣтъ солнца черезъ стеклянную призму. Этотъ изслѣдователь нашелъ, что въ солнечномъ спектрѣ существуютъ черныя линіи. Онѣ были обозначены буквами: B, C, D, E, F, G, H. Физическое значеніе этихъ линій оставалось неизвѣстнымъ въ продолженіе 35-ти лѣтъ. Кирхгоффъ впервые далъ общую теорію явленій поглощенія свѣта, и тѣмъ основалъ спектральный анализъ.

На основаніи теоретическихъ соображеній, вытекающихъ изъ закона сохраненія энергіи и опытныхъ данныхъ, Кирхгоффъ пришелъ къ открытію весьма важнаго общаго закона, который гласитъ: во всѣхъ тѣлахъ при данной температурѣ существуетъ постоянное отношеніе между способностью тѣла испускать лучи данной длины волны и способностью поглощать эти лучи. Отсюда слѣдуетъ, что всякое тѣло въ накаленномъ состояніи испускаетъ опредѣленные лучи, а именно тѣ, которые оно же способно поглощать при данной температурѣ. Такимъ образомъ, линіи Фрауенгофера объясняются присутствіемъ въ атмосферѣ солнца нѣкоторыхъ элементовъ и соединеній, поглощающихъ лучи опредѣленной длины.

Бунзенъ и Кирхгоффъ опредѣлили затѣмъ спектры, испускаемые лучами очень многихъ элементовъ и соединеній. Явилась возможность узнавать тѣла по ихъ спектру; этотъ способъ и получилъ названіе спектральнаго анализа.

Съ помощію спектроскопа французскій изслѣдователь Лекокъ-де-Буабодранъ въ 1875 году открылъ новый элементъ «галлій», съ атомнымъ вѣсомъ 70. Галлій занялъ третье мѣсто въ третьемъ ряду періодической системы. Дѣйствительныя свойства этого элемента обнаружили удивительное согласіе съ предсказаніями Менделѣева. Въ 1879 году Нильсонъ открылъ «скандій», а въ 1886 году Винклеръ открылъ «германій». Эти откры-

тія тоже вполнѣ подтвердили все то, что предсказалъ Менделѣевъ, и дополнили его систему элементовъ.

Сбывшееся пророчество вызвало сенсацію во всемъ ученомъ мірѣ. Періодическую систему стали перепечатывать и примѣнять

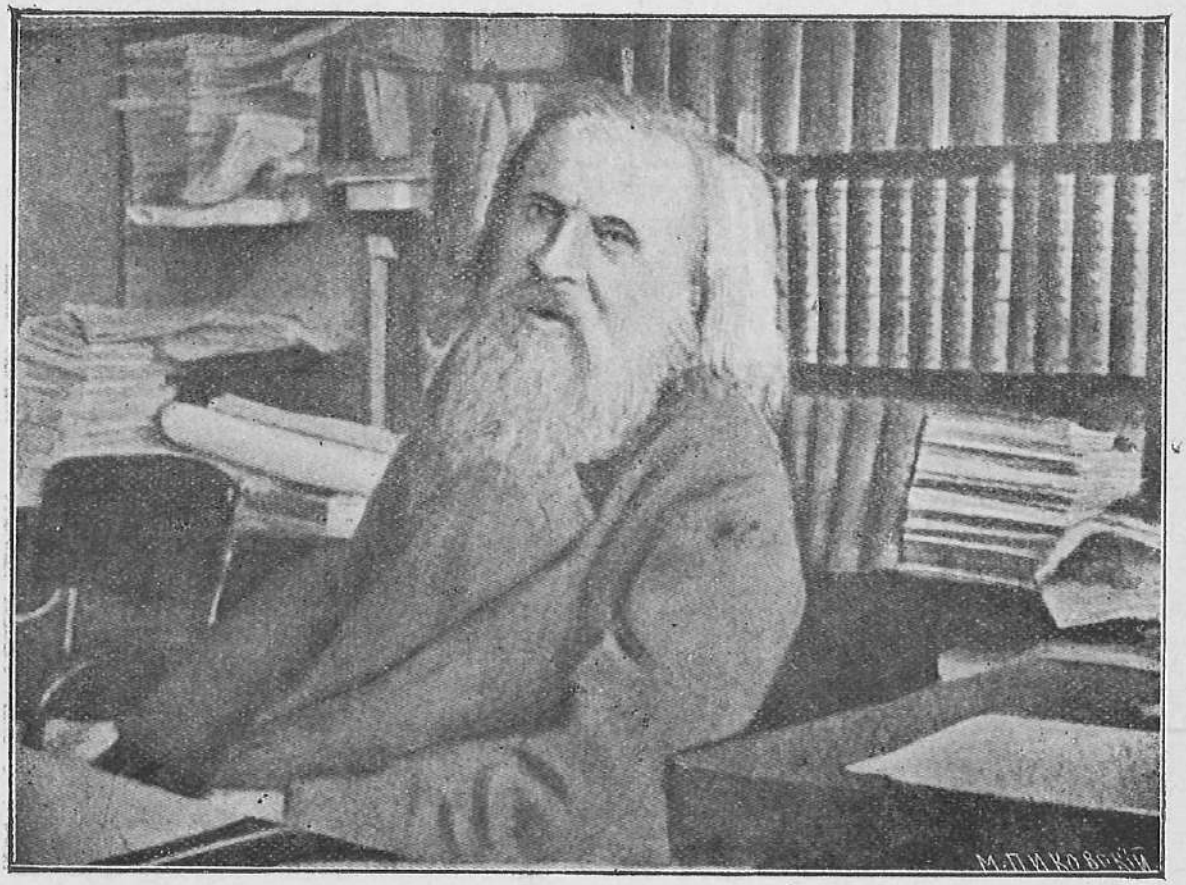


Рис. 71. Менделѣевъ въ палатѣ мѣръ и вѣсовъ.

во всѣхъ странахъ. Имя Менделѣева пріобрѣло громкую извѣстность.

Но научной дѣятельности русскаго ученаго суждено было преждевременно прерваться.

Въ 1890 году начались безпорядки въ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ Россіи. Особенно сильно волненія проявились въ Петербургскомъ университетѣ. Менделѣевъ присутствовалъ на одной студенческой «сходкѣ», и студенты обратились къ нему съ просьбой вручить министру ихъ петицію съ рядомъ требо-

ваній. Менделѣевъ повезъ эту петицію министру; тотъ же, какъ и можно было ожидать, вовсе его не принялъ, и вдобавокъ сдѣлалъ Менделѣеву строгое замѣчаніе за то, что онъ вмѣшивается не въ свои дѣла. Въ отвѣтъ на это Менделѣевъ сейчасъ же подалъ въ отставку.

Оставивъ университетъ, Менделѣевъ, которому тогда было лишь 56 лѣтъ, посвятилъ себя всецѣло разработкѣ техническихъ вопросовъ. По предложенію С. Ю. Витте, тогдашняго министра финансовъ, онъ былъ назначенъ членомъ «Совѣта торговли и промышленности». Будучи горячимъ сторонникомъ развитія капитализма въ Россіи, Менделѣевъ содѣйствовалъ бывшему министру финансовъ въ проведеніи его протекціонной политики.

Послѣдніе годы своей жизни Менделѣевъ отдался работѣ въ основанной по его иниціативѣ Палатѣ мѣръ и вѣсовъ. Въ задачи этой палаты, помимо основныхъ научныхъ измѣреній, входило постепенное введеніе въ практическую жизнь метрической системы и наблюденіе за мѣрами и вѣсами. Но эти практическія цѣли до сихъ поръ осуществлены лишь въ весьма малой степени.

Менделѣевъ скончался на 73 году жизни, 20-го января 1907 года.

Естественная система элементовъ, казалось, установила окончательно границы дальнѣйшаго размноженія новыхъ элементовъ. Послѣ открытій Лекокъ-де-Буабодрана, Нильсона и Винклера слѣдовало ожидать новыхъ открытій, которыя должны были заполнить остальные пробѣлы въ періодической системѣ. Но здѣсь дѣйствительность не оправдала ожиданій. Большинство промежутковъ осталось до настоящаго времени. Но за то были открыты новые элементы тамъ, гдѣ ихъ вовсе не ожидали.

Среди многочисленныхъ тѣлъ окружающей насъ природы, ни одно, пожалуй, не было столь часто и столь подробно изслѣдовано, какъ воздухъ. Со времени основныхъ работъ Пристлея, Шееле и Лавуазье было извѣстно, что «чистый» воздухъ состоитъ изъ двухъ газовъ: азота и кислорода.

Объемное отношеніе этихъ газовъ было опредѣлено много разъ; оно оказалось вполнѣ постояннымъ: въ 100 объемныхъ частяхъ воздуха содержится 79 частей азота и 21 часть кислорода.

Въ 1892 году лордъ Рэлей занялся опредѣленіемъ плотности атмосфернаго азота. Владѣя огромными помѣстіями, Рэлей устроилъ въ собственномъ имѣніи въ Terling Place роскошную лабораторію и производилъ въ ней физико-химическія измѣренія съ чрезвычайной точностью. Изслѣдуя азотъ воздуха и сравнивая его плотность съ плотностью азота, полученнаго искусственнымъ путемъ изъ азотныхъ соединеній, Рэлей замѣтилъ разницу. Плотность атмосфернаго азота равна 2,31, плотность же искусственнаго азота составляла лишь 2,30. Разница была невелика, такъ какъ выступала лишь въ третьемъ десятичномъ знакѣ. Но и этого было достаточно, чтобы побудить лорда къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ.

Эти изслѣдованія, которыя Рэлей произвелъ вмѣстѣ съ Рамзаемъ, привели къ открытію новаго газа. Въ виду того, что этотъ послѣдній химически еще менѣе дѣятеленъ, чѣмъ азотъ и не соединяется ни съ однимъ элементомъ, его назвали аргономъ («недѣятельный»). Содержаніе его въ воздухѣ составляетъ немного менѣе 1%. Рэлей и Рамзай тщательно очистили аргонъ и изслѣдовали его плотность, спектръ и другія физическія свойства въ газообразномъ состояніи. Почти одновременно съ этимъ проф. Ольшевскому въ Краковѣ удалось ожижить этотъ газъ и опредѣлить физическія свойства жидкаго аргона.

Новому пришельцу нужно было дать мѣсто въ періодической системѣ. Атомный вѣсъ аргона составляетъ 39,9; въ виду этого слѣдовало помѣстить его между каліемъ и кальціемъ. Но тамъ не было свободнаго мѣста. Такимъ образомъ, вопросъ объ отношеніи аргона къ періодической системѣ весьма осложнился; болѣе горячіе сторонники этой системы, въ томъ числѣ и самъ Менделѣевъ, склонны были вслѣдствіе этого лишить аргонъ права считаться элементомъ, и предлагали признать его видоизмѣненіемъ азота. Но неутомимыя усилія Рамзая, этого геніальнаго экспериментатора, привели къ совершенно неожиданному рѣшенію этого вопроса.

Распространено мнѣніе, что великія открытія совершаются въ молодыхъ лѣтахъ. Вильямъ Рамзай представляетъ живое отрицаніе этого правила. Онъ родился въ 1852 году въ Глазговѣ, и

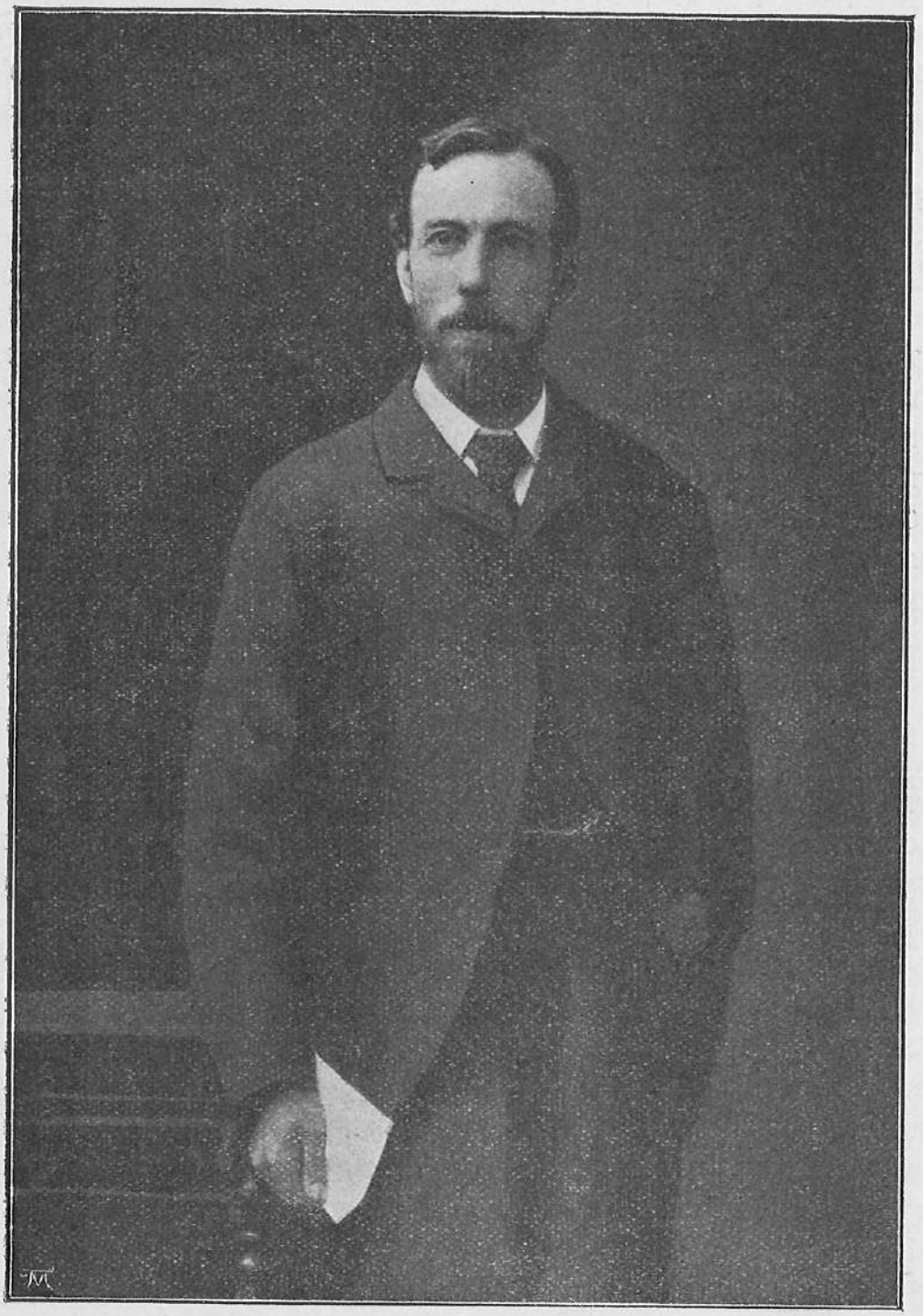


Рис. 72. Вильямъ Рамзай (р. 1852).

докторскую работу защитилъ въ 1872 г. въ Тюбингенѣ по окончаніи курса наукъ въ родномъ городѣ. Достойно вниманія то обстоятельство, что онъ окончилъ университетскій курсъ уже на 18-омъ году жизни, т. е. въ томъ возрастѣ, когда у насъ самая способная часть молодежи едва успѣваетъ справиться съ аттестатомъ зрѣлости. Уже въ 1880 году мы видимъ Рамзая въ Бристолѣ на профессорской каѳедрѣ, которую онъ занималъ до 1887 года, т. е. до приглашенія въ Лондонъ въ University College.

Первыя работы величайшаго изъ современныхъ химиковъ не предвѣщали ничего особеннаго. Онѣ содержали изысканія относительно критическаго состоянія вещества; эти работы самъ Рамзай впослѣдствіи называлъ своими грѣхами молодости. Только въ серединѣ девяностыхъ годовъ, въ произведенныхъ совмѣстно съ Юнгомъ работахъ объ упругости паровъ жидкостей, Рамзай обнаружилъ свои экспериментаторскія способности: неутомимую настойчивость и удивительную точность при выполненіи физико-химическихъ измѣреній. Тѣ же свойства сказываются и въ послѣдующихъ изслѣдованіяхъ этого автора о «молекулярной поверхностной энергіи жидкостей». Когда изслѣдованіями Рэлея и Рамзая было доказано существованіе аргона, невозможность помѣстить этотъ новый элементъ въ прежней періодической системѣ навела Рамзая на мысль, что кромѣ аргона въ природѣ долженъ существовать цѣлый рядъ другихъ неизвѣстныхъ газовъ, сходныхъ съ аргономъ и принадлежащихъ къ одной группѣ системы.

Разыскивая соединенія аргона съ другими элементами, Рамзай занялся изслѣдованіемъ газа, содержащагося въ минералѣ клевеитѣ. Этотъ газъ былъ первоначально подвергнутъ анализу Гиллебрандтомъ, который призналъ его азотомъ. Тѣмъ не менѣе Рамзай былъ щедро вознагражденъ за точность изслѣдованія. Спектръ газа, заключавшагося въ клевеитѣ, содержитъ тѣ же полосы, которыя Локіеръ нашелъ въ солнечномъ спектрѣ. Плотность этого газа всего вдвое больше плотности водорода. Ясно, слѣдовательно, что мы здѣсь имѣемъ новый газъ. Въ виду присутствія этого газа въ хромосферѣ солнца, Рамзай назвалъ его «геліемъ» (ἥλιος — солнце).

Слѣдовало ожидать дальнѣйшихъ открытій. Но здѣсь именно Рамзаю пришлось подвергнуться трудному испытанію. Всѣ поиски

новыхъ газовъ въ минералахъ, метеоритахъ и минеральныхъ водахъ, произведенные Рамзаемъ совмѣстно съ его молодымъ талантливымъ ассистентомъ Траверсомъ, были безуспѣшны. Не привели также къ желаемому результату кропотливыя и дорого стоившія попытки тщательнаго очищенія аргона и гелія.

Приблизительно къ тому же времени англійскій инженеръ Гампсонъ изобрѣлъ новую машину для ожиженія воздуха, который еще раньше былъ полученъ въ жидкомъ видѣ и изслѣдованъ Врублевскимъ и Ольшевскимъ, профессорами Ягеллонскаго университета въ Краковѣ.

Съ помощью этой новой машины въ настоящее время можно сравнительно дешево получить значительныя количества жидкаго воздуха. Такъ какъ жидкій воздухъ кипитъ подъ давленіемъ одной атмосферы при весьма низкой температурѣ, а именно около —180°, то онъ представляетъ собою удобное охлаждающее средство, и вмѣстѣ съ тѣмъ является источникомъ чрезвычайно интересныхъ опытовъ. Онъ именно помогъ открыть искомые новые элементы группы аргона. Послушаемъ, какъ Рамзай описываетъ это открытіе.

— «Желая изучить искусство работы съ этимъ необыкновеннымъ матеріаломъ, я попросилъ у д-ра Гампсона одинъ литръ жидкаго воздуха. Д-ръ Траверсъ и я играли имъ, производя различные мелкіе опыты, чтобы подготовиться къ большому опыту, т. е. къ ожиженію аргона. Однако, мнѣ жаль было испарить весь запасъ жидкаго воздуха, не подвергнувъ изслѣдованію остальной части. Ибо, хотя этотъ искомый газъ, вѣроятно, не могъ въ ней заключаться, но не представлялось невозможнымъ, что аргонъ сопровождается болѣе тяжелымъ газомъ. Это предположеніе и подтвердилось».

Въ этой мало летучей части воздуха были открыты два новыхъ газа: криптонъ и ксенонъ съ атомными вѣсами 82 и 128. Изъ наиболѣе же летучей части воздуха былъ выдѣленъ еще одинъ газъ, болѣе легкій, чѣмъ аргонъ: это—неонъ, обладающій атомнымъ вѣсомъ, равнымъ 20. Такимъ образомъ, вопросъ объ отношеніи аргона и его товарищей къ періодической системѣ въ настоящее время можно считать вполнѣ рѣшеннымъ. Такъ какъ эти элементы не соединяются съ другими, то можно имъ приписать валентность, равную 0, и помѣстить ихъ въ ну-

левой группѣ, т. е. впереди щелочей. Слѣдовательно, эти открытія не только не подорвали періодической системы, но, напротивъ, дополнили ее совершенно неожиданнымъ образомъ.

Чтобы выполнить намѣченную программу этихъ лекцій и довести очеркъ развитія химіи до настоящаго времени, я намѣренъ посвятить нѣсколько страницъ новѣйшему вопросу современной химіи,—радію и его удивительнымъ свойствамъ. Къ сожалѣнію, недостатокъ времени не позволяетъ мнѣ развить эту тему въ такомъ объемѣ, какой соотвѣтствуетъ научному значенію относящихся сюда вопросовъ.

Несомнѣнно, среди научныхъ переворотовъ, которыми славится молодой 20-ый вѣкъ, первое мѣсто занимаютъ открытія, связанныя съ радіемъ. Теперь уже почти не вѣрится, что лѣтъ 15 тому назадъ мы еще ничего не знали ни о существованіи радія, ни о существованіи нѣсколькихъ дюжинъ другихъ элементовъ, которые по своимъ мощнымъ дѣйствіямъ должны были бросаться въ глаза. Легко, однако, вспомнить то изумленіе, которое произвели на насъ первыя сообщенія Беккереля объ ураиѣ и супруговъ Кюри о радіи и полоніи.

Исторія науки доказываетъ намъ, что самыми важными открытіями мы обязаны случаю. Радій открытъ былъ случайно. Это былъ, однако, не тотъ слѣпой случай, который руководитъ игрокомъ, а скорѣе премія, достающаяся честному труженику на научной нивѣ въ награду за его трудъ. Ибо безъ затраты работы нельзя совершить ни одного открытія.

Лѣтъ 20 тому назадъ Рентгенъ открылъ, что при электрическомъ разрядѣ въ трубкѣ съ весьма разрѣженнымъ воздухомъ изъ трубки выходятъ особаго рода лучи, невидимые глазу. Эти лучи, дѣйствующіе на фотографическую пластинку, отличаются, какъ извѣстно, способностью проникать сквозь предметы, непрозрачные для обыкновенныхъ свѣтовыхъ лучей, и нѣкоторыми другими таинственными свойствами. Вслѣдствіе этого Рентгенъ назвалъ ихъ Х-лучами; въ наукѣ же эти лучи, нашедшіе неоцѣнимыя примѣненія въ хирургіи и діагностикѣ, получили названіе Рентгеновскихъ лучей въ честь того, кто своимъ открытіемъ оказалъ человѣчеству такую огромную услугу.

Послѣ этого открытія усилился интересъ къ лучамъ вообще, и изслѣдователи занялись изученіемъ различныхъ свѣтящихъ

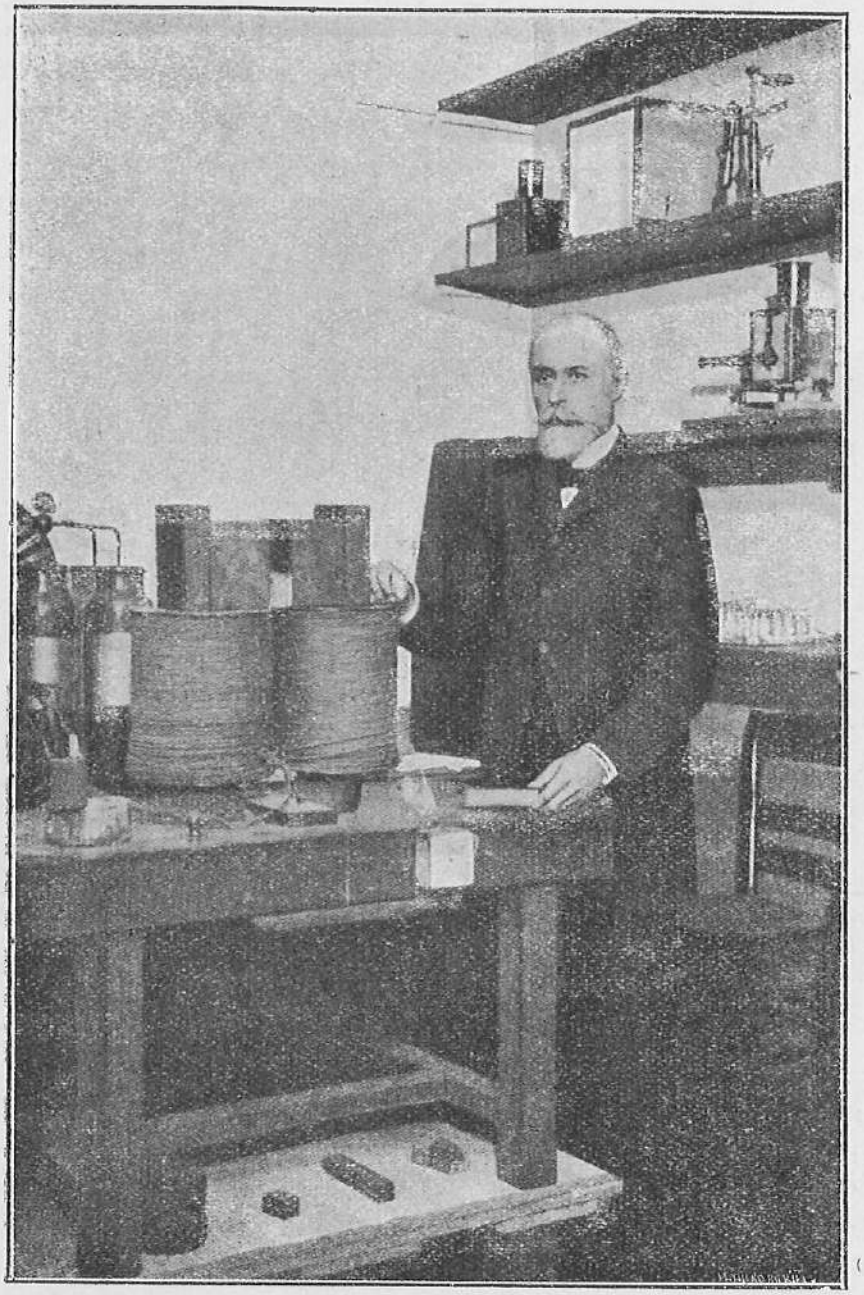


Рис. 73. Анри Беккерель (1852—1903).

и несвѣтящихъ тѣлъ въ отношеніи ихъ лучеиспускательной способности.

Въ 1896 году знаменитый французскій физикъ Анри Беккерель подвергнулъ изслѣдованію урановыя соли. Эти соли не при-

надлежатъ къ числу рѣдкихъ веществъ: онѣ находятъ обширное примѣненіе въ промышленности, а именно, при выдѣлкѣ минеральныхъ красокъ. Подобно многимъ другимъ солямъ, онѣ отличаются свойствомъ свѣтиться послѣ предварительнаго сильнаго освѣщенія. Это было издавна извѣстно и неоднократно изслѣдовано. Но поразительно было то, что испускаемые урановыми солями лучи, какъ оказалось, могутъ проникать сквозь непрозрачныя тѣла, и даже сквозь металлы, въ особенности же сквозь алюминій. Но мало того, болѣе точныя изслѣдованія доказали, что нѣтъ необходимости предварительно освѣщать эти соли: онѣ

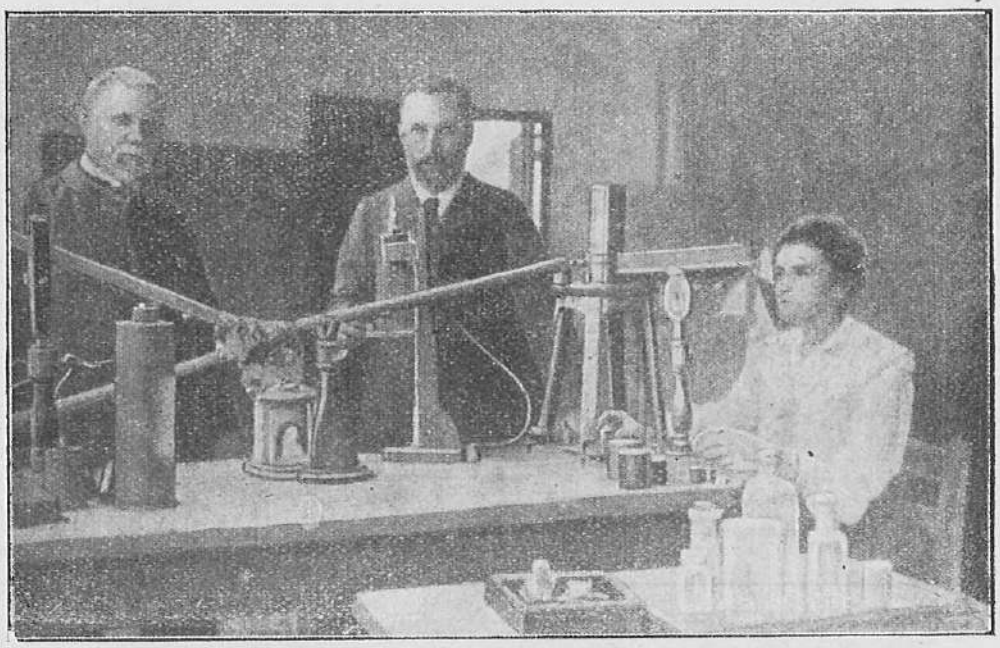


Рис. 74. Супруги Кюри въ лабораторіи.

свѣтятъ даже послѣ того, какъ продолжительное время находились въ темнотѣ.

Такимъ образомъ въ этихъ веществахъ былъ открытъ неисчерпаемый на первый взглядъ источникъ свѣта, и этотъ фактъ казался самъ по себѣ столь важнымъ въ теоріи и практикѣ, что требовалъ самаго подробнаго и всесторонняго изслѣдованія. Оно и было вскорѣ предпринято супругами Кюри.

Пьеръ Кюри былъ профессоромъ физики въ Сорбоннѣ. Уже первыя изслѣдованія свойствъ кристалловъ, а затѣмъ изученіе магнитныхъ и діамагнитныхъ свойствъ различныхъ тѣлъ обратили на него вниманіе научныхъ свѣтилъ. Избѣгая, однако, извѣст-

ности онъ оставался въ тѣни до тѣхъ поръ, пока важное значеніе вопросовъ и полученныхъ результатовъ по необходимости не поставили его въ ряду всемірныхъ знаменитостей.

Марія Кюри, урожденная Склодовская, дочь извѣстнаго и уважаемаго учителя математики въ Варшавѣ, вынуждена была, за предѣлами родины искать науки, доступъ къ которой для

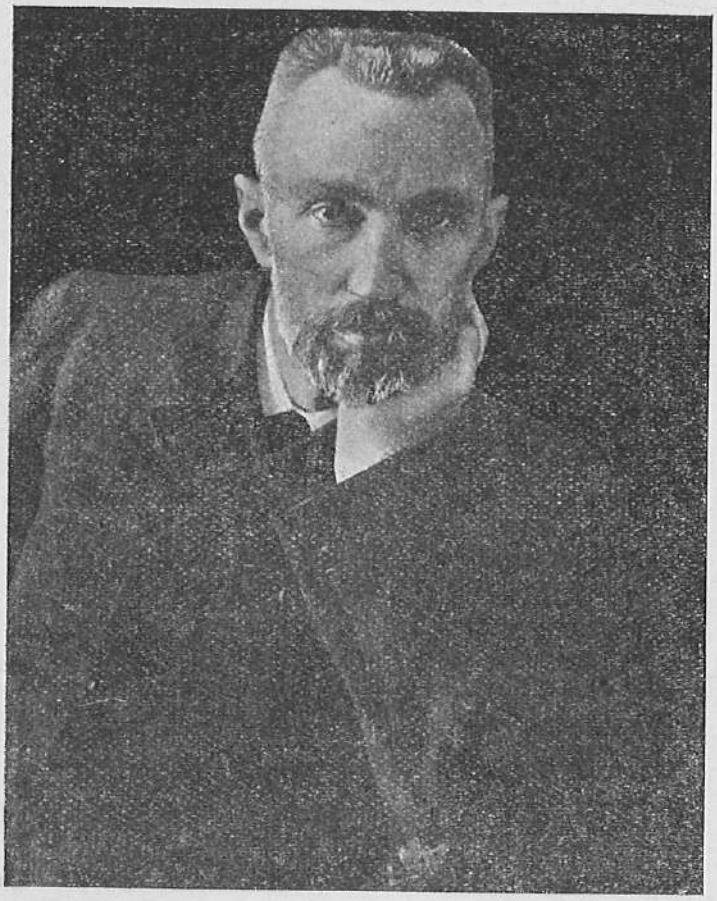


Рис. 75. Пьеръ Кюри (1859—1906).

женщинъ у насъ, къ сожалѣнію, пока еще обставленъ препятствіями.

Марія Склодовская изучала въ Парижѣ химію подъ руководствомъ Лешателье, извѣстнаго своими изслѣдованіями по теоріи стали. Здѣсь она познакомилась съ Пьеромъ Кюри, съ которымъ вступила въ бракъ. Это былъ необыкновенно счастливый союзъ, прежде всего по гармоніи душъ, и, что болѣе замѣчательно, по рѣдкой гармоніи научныхъ интересовъ супруговъ.

Они какъ бы олицетворили собою соединеніе физики и химіи, т. е. тѣхъ двухъ наукъ, крѣпкій союзъ которыхъ, какъ мы видѣли неоднократно, всегда составлялъ необходимое условіе успѣховъ каждой изъ нихъ въ отдѣльности.



Рис. 76. Марія Кюри-Склодовская (р. 1867).

Изслѣдованія урановыхъ лучей навели супруговъ Кюри на мысль, что излученія урановыхъ солей обязаны своимъ происхожденіемъ примѣси новаго элемента. Госпожа Кюри назвала этотъ элементъ полоніемъ въ честь своей родины. Къ сожалѣнію, до сихъ поръ еще не удалось получить этотъ элементъ

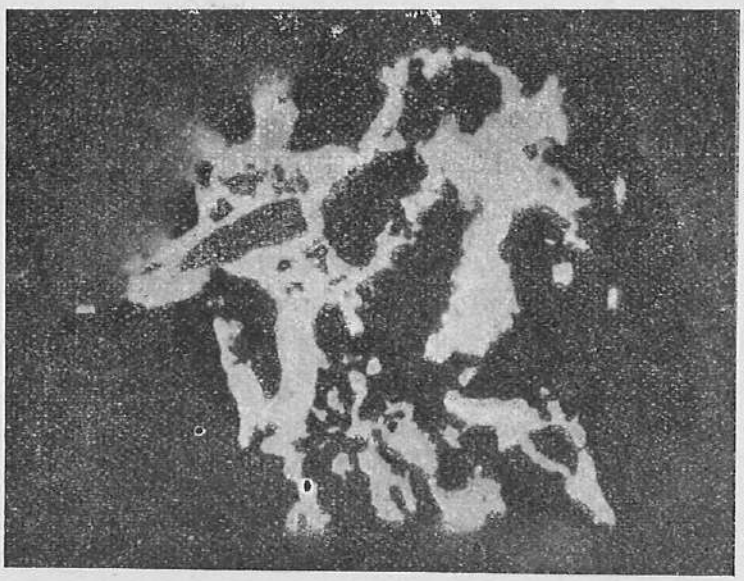
въ достаточно чистомъ видѣ, чтобы можно было опредѣлить его атомный вѣсъ.

Зато болѣе успѣшными оказались поиски другого лучеиспускающаго элемента, который получилъ названіе «радія» (т. е. лучеиспускающаго).

Нынѣ уже трудно оцѣнить значеніе этого открытія. Ибо теперь мы знаемъ, что радіоактивность (такъ названо было таинственное свойство лучеиспусканія) должна составлять свойство новыхъ элементовъ. Но 15 лѣтъ тому назадъ, когда еще ничего не знали объ этихъ элементахъ, предположеніе, которое руководило супругами Кюри въ ихъ изслѣдованіяхъ, было только гипотезой, которая могла оправдаться, но могла также быть опровергнута фактами. Поэтому требовалась не только извѣстная доля смѣлости, чтобы допустить эту мысль, но и глубокая вѣра въ ея истинность и удивительный запасъ терпѣнія, чтобы преодолѣть чрезвычайныя затрудненія при опытномъ рѣшеніи этой проблемы. Главное затрудненіе заключалось и заключается еще и теперь въ томъ, что радіоактивныя вещества встрѣчаются въ природѣ лишь въ весьма разсѣянномъ видѣ.

Среди различныхъ минераловъ, которые госпожа Кюри изслѣдовала со стороны радіоактивности, особенное ея вниманіе обратила на себя смоляная руда изъ Іоахимсталя въ Чехіи. Этотъ минералъ представленъ на рисункѣ 77. Внизу мы видимъ его фотографію, полученную при дневномъ свѣтѣ. Наверху помѣщенъ снимокъ того же куска руды, сдѣланный въ темнотѣ при помощи лучей, испускаемыхъ самимъ минераломъ. Смоляная руда примѣняется въ промышленности при фабрикаціи желтой урановой краски и урановаго стекла. Но такъ какъ эта руда стоитъ довольно дорого, то госпожа Кюри подвергла переработкѣ остатки этого минерала, выбрасываемые фабриками урановыхъ красокъ. Эта переработка имѣла цѣлью выдѣленіе искомаго новаго элемента и была очень сложна. Остатки выщелачивались сперва ѣдкимъ натромъ, затѣмъ на нерастворимую въ щелочи часть дѣйствовали соляной кислотой. Такъ какъ полученный этимъ путемъ растворъ содержалъ еще значительное количество барія, представляющаго видную составную часть руды, то слѣдовало удалить изъ раствора барій, что́ также требовало довольно сложной манипуляціи. Но этотъ баріевый осадокъ оказался гораздо болѣе

лучеиспускающимъ, чѣмъ первоначальный продуктъ. Отсюда естественно было заключить, что этотъ осадокъ содержитъ искомый



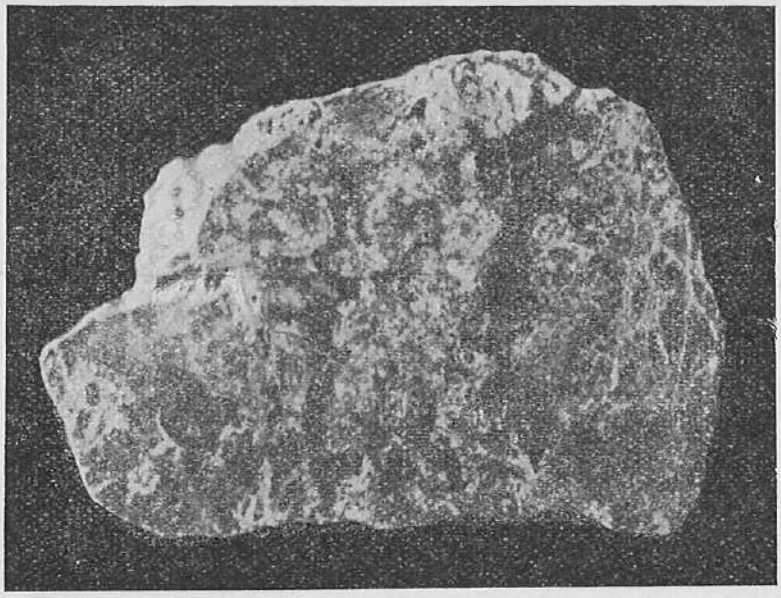


Рис. 77. Смоляная руда изъ Іоахимсталя; нижній рисунокъ представляетъ фотографическій снимокъ, сдѣланный при дневномъ свѣтѣ; верхній снимокъ сдѣланъ при свѣтѣ лучей, испускаемыхъ самимъ минераломъ.

элементъ, названный «радіемъ», т.-е. лучеиспускающимъ. Съ помощью кропотливыхъ операцій, состоявшихъ въ многократномъ

растворенiи и осажденiи лучеиспускающаго барiя, госпожѣ Кюри удалось, наконецъ, получить этотъ новый элементъ въ совершенно чистомъ видѣ.

Чтобы дать здѣсь нѣкоторое представленiе о чрезвычайныхъ трудностяхъ, которыя пришлось преодолѣть госпожѣ Кюри, раньше чѣмъ ей удалось достигнуть этихъ результатовъ, я упомяну, что 5000000 частей смоляной руды содержатъ всего одну часть радiя: изъ цѣлой тонны остатковъ руды получается 8 килограммовъ барiеваго остатка, содержащаго радiй. Количество же радiя или, вѣрнѣе, количество радiевой соли, какое можно извлечь изъ осадка, составляетъ лишь нѣсколько миллиграммовъ.

Не такъ давно, лѣтъ 12 тому назадъ, я имѣлъ счастье присутствовать на докладѣ, сдѣланномъ госпожей Кюри въ Варшавѣ, въ немногочисленномъ собранiи варшавскихъ химиковъ. Знаменитая изслѣдовательница докладывала тогда о своихъ первыхъ изслѣдованiяхъ и демонстрировала между прочимъ маленькую трубочку, содержавшую нѣсколько миллиграммовъ высокопроцентнаго радiоактивнаго препарата. Тогда ея мечтой было получить 10 миллиграммовъ чистаго бромистаго радiя для того, чтобы опредѣлить атомный вѣсъ этого элемента. Дѣйствительность далеко превзошла эту мечту. Теперь общее количество радiевыхъ солей, полученныхъ до сихъ поръ, превышаетъ 10 граммовъ. Атомный же вѣсъ радiя опредѣленъ съ такой же точностью, какъ атомные вѣса самыхъ распространенныхъ элементовъ. Атомный вѣсъ радiя равенъ 226,5. Радiй принадлежитъ къ элементамъ, состоящимъ изъ самыхъ тяжелыхъ атомовъ. Только торiй и уранъ обладаютъ бо́льшимъ атомнымъ вѣсомъ, и, что весьма замѣчательно, и они тоже отличаются радiоактивностью. Мы далѣе увидимъ, что эти два свойства, т. е. большой вѣсъ атомовъ и радiоактивность, находятся въ тѣсной связи между собой.

Послѣ того, какъ былъ опредѣленъ атомный вѣсъ радiя, не оставалось никакихъ сомнѣнiй въ томъ, что онъ представляетъ собою элементъ. Радiй получилъ надлежащее мѣсто въ таблицѣ перiодической системы. По своимъ химическимъ свойствамъ радiй слѣдуетъ причислить ко второй группѣ системы, гдѣ онъ занимаетъ мѣсто ниже ртути (ср. таблицу къ стр. 265). По своимъ химическимъ свойствамъ радiй болѣе всего сходенъ съ барiемъ.

Только въ прошломъ году г-жа Кюри и Дебіернъ получили элементъ радій въ чистомъ видѣ, подвергая электролизу растворъ хлористаго радія. Такъ какъ радій, подобно другимъ металламъ щелочныхъ земель, разлагаетъ воду, то его можно было выдѣлить изъ воднаго раствора только благодаря примѣненію ртути, какъ катода. Элементъ радій представляетъ собою металлъ, отличающійся серебристымъ блескомъ. Онъ энергично разлагаетъ воду. На воздухѣ радій чернѣетъ, повидимому, вслѣдствіе того, что соединяется съ азотомъ воздуха; онъ плавится при 700° и отличается сильной радіоактивностью точно такъ же, какъ и его соединенія.

По внѣшнему виду радій не обнаруживаетъ ничего такого, что заставляло бы выдѣлить его изъ ряда остальныхъ 80-ти элементовъ: ничего, кромѣ радіоактивныхъ свойствъ!

Свойства эти поистинѣ удивительны. Съ самаго начала изслѣдованій супруговъ Кюри и до нашихъ дней вниманіе всего ученаго міра устремлено къ этому чудесному элементу. Каждый годъ приноситъ все новыя и болѣе поразительныя открытія въ этой области.

Въ этой вотъ трубкѣ помѣщается всего нѣсколько миллиграммовъ бромистаго радія, который хотя и не вполнѣ чистъ, однако представляетъ собою капиталъ въ нѣсколько тысячъ рублей. Кстати, цѣна радія все возрастаетъ, и притомъ очень быстро, вслѣдствіе монополіи, какой обладаютъ въ этомъ отношеніи австрійскія копи *). Поэтому помѣщеніе капиталовъ въ этомъ интересномъ препаратѣ было бы выгоднѣе всѣхъ другихъ акцій, если бы не одно обстоятельство, о которомъ я скажу потомъ.

Прежде всего мы видимъ, что бромистый радій свѣтитъ. Это — слабый свѣтъ, напоминающій свѣченіе фосфора. Радій не только свѣтитъ самъ, но обладаетъ также способностью сообщать это свойство другимъ тѣламъ. Нѣкоторыя тѣла, находящіяся вблизи радія, становятся также лучеиспускающими. Но ихъ излученіе спустя нѣкоторое время прекращается. Къ такимъ

*) Въ настоящее время цѣна одного грамма радія составляетъ 400000 франковъ, при чемъ стоимость обработки рудъ составляетъ лишь ничтожную долю этой суммы.

веществамъ, фосфоресцирующимъ подъ вліяніемъ радія, принадлежатъ нѣкоторые минералы, напримѣръ виллемитъ и сидотова руда (сѣрнистый цинкъ). Естественные алмазы подъ вліяніемъ радія испускаютъ въ темнотѣ прекрасный свѣтъ. Искусственные (поддѣльные) алмазы не обнаруживаютъ фосфоресценціи и могутъ быть такимъ образомъ легко отличены отъ натуральныхъ камней. Особенно сильно подъ вліяніемъ радія флуоресцируютъ платиноціанистыя соли, которыя, какъ извѣстно, примѣняются также при разсматриваніи рентгеновскихъ лучей. Замѣчательно то обстоятельство, что платиноціанистый барій испускаетъ прекрасный зеленоватый свѣтъ, похожій на свѣтъ свѣтлячковъ; платиноціанистый стронцій испускаетъ красный свѣтъ, а платиноціанистый кальцій—желтый. Такимъ образомъ, мы наблюдаемъ здѣсь какъ бы повтореніе тѣхъ цвѣтовъ, которые преобладаютъ въ спектрахъ испусканія солей этихъ металловъ.

Характерное свойство лучей, испускаемыхъ радіемъ, состоитъ въ томъ, что они проникаютъ чрезъ непрозрачныя тѣла. Если я помѣщу между трубкой съ радіемъ и экраномъ, покрытымъ платиноціанистымъ баріемъ, кусокъ толстой папки, то свѣтъ немного ослабѣваетъ, но не исчезаетъ. Мы замѣчаемъ свѣченіе даже тогда, когда замѣнимъ папку пятакомъ или серебрянымъ рублемъ.

Фотографическая пластинка еще болѣе чувствительна, чѣмъ глазъ. Такъ какъ лучи радія обладаютъ свойствомъ проникать сквозь непрозрачныя тѣла подобно рентгеновскимъ лучамъ, то при помощи радія можно получить снимокъ кошелька съ содержащимися въ немъ монетами. Снимки, полученные радіографическимъ способомъ, менѣе отчетливы, чѣмъ рентгеновскіе. Это объясняется, во-первыхъ, тѣмъ, что лучи радія отличаются гораздо большей способностью проникать сквозь тѣла, чѣмъ рентгеновскіе. Они проходятъ сквозь металлическія пластинки толщиною въ нѣсколько десятковъ сантиметровъ. Во-вторыхъ, на отчетливость снимковъ вредно вліяетъ то обстоятельство, что лучи радія, какъ мы сейчасъ увидимъ, неоднородны: они состоятъ изъ нѣсколькихъ категорій лучей, отличающихся неодинаковой способностью проникать сквозь тѣла. Чтобы получить отчетливые снимки, мы должны поэтому исключить нѣкоторые лучи посредствомъ электромагнита (см. ниже).

Самымъ чувствительнымъ приборомъ для доказательства присутствія минимальныхъ количествъ радіоактивныхъ веществъ является электроскопъ.

Если мы обыкновенный электроскопъ, извѣстный всѣмъ изъ элементарной физики, зарядимъ прикосновеніемъ натертой сургучной или эбонитовой палочки, то листочки разойдутся. Они лишь медленно возвращаются къ своему первоначальному положенію вслѣдствіе несовершенной изоляціи электроскопа и воздуха. Этотъ послѣдній является, какъ извѣстно, плохимъ проводникомъ электричества. Но если мы вторично зарядимъ электро-

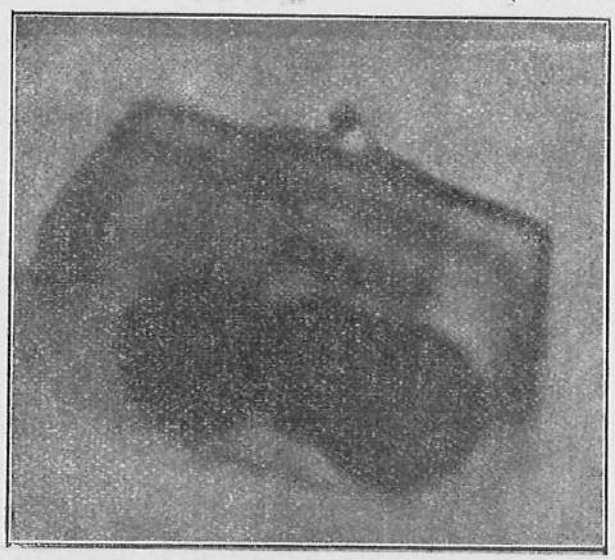


Рис. 78. Радіограмма кошелька съ деньгами.

скопъ и приблизимъ къ нему трубку съ радіемъ, то замѣтимъ, что теперь электроскопъ моментально разряжается. Отсюда мы заключаемъ, что лучи радія увеличиваютъ проводимость воздуха. Это именно обстоятельство и послужило въ рукахъ супруговъ Кюри точнымъ и вѣрнымъ средствомъ для количественнаго опредѣленія радіоактивности первыхъ полученныхъ ими препаратовъ. Этимъ же методомъ мы пользуемся и теперь для нахожденія и количественнаго опредѣленія весьма незначительныхъ количествъ радіоактивныхъ веществъ въ воздухѣ, въ минеральныхъ источникахъ или въ почвѣ.

Чувствительность этого метода превосходитъ чувствительность всѣхъ аналитическихъ методовъ, предложенныхъ до сихъ

поръ. Достаточно сказать, что при помощи чувствительнаго электрометра мы можемъ съ увѣренностью доказать присутствіе одной пятидесятимилліонной доли миллиграмма. Если бы мы взяли столько радіевой соли, сколько остается на кончикѣ ножа, и раздѣлили это количество поровну между всѣми жителями всего земного шара, то каждой полученной частицы радія было бы достаточно для того, чтобы можно было обнаружить радій при помощи электроскопа.

Намъ уже извѣстно, что электропроводность жидкихъ проводниковъ такъ же, какъ и газовъ, приписывается особымъ атомамъ, переносящимъ съ собою электрическіе заряды. Такіе атомы мы называемъ іонами; поэтому мы говоримъ, что воздухъ «іонизируется» подъ вліяніемъ лучей радія и другихъ радіоактивныхъ веществъ.

Не менѣе удивительно дѣйствіе радіевыхъ солей на термометръ. Даже при помощи обыкновеннаго термометра можно убѣдиться въ томъ, что температура радія всегда на нѣсколько градусовъ выше температуры окружающей среды. Измѣренія, произведенныя сначала Пьеромъ Кюри и Лабордомъ, а затѣмъ Дебіерномъ, Дюаромъ и др. учеными, доказали, что радій безпрестанно выдѣляетъ значительныя количества теплоты. Одинъ граммъ радія производитъ въ теченіе часа 118 калорій. Въ прямомъ противорѣчіи съ закономъ сохраненія энергіи радій производитъ эту теплоту изо дня въ день безъ замѣтнаго ослабленія, безъ какого-либо замѣтнаго измѣненія своего состоянія. Если принять во вниманіе, что это образованіе тепла, какъ теперь можно считать доказаннымъ, продолжается многія столѣтія, то, суммируя эти количества тепла, мы получаемъ числа, которыя во многія сотни тысячъ разъ превышаютъ всѣ примѣнявшіеся до сихъ поръ источники теплоты.

Перейдемъ къ изслѣдованіямъ химическихъ дѣйствій радія. Обратимъ прежде всего вниманіе на трубку, въ которой сохраняется нашъ радіевый препаратъ. Мы замѣчаемъ, что эта трубочка окрашена въ темнофіолетовый цвѣтъ Но когда-то эта трубка была такъ же прозрачна, какъ всякій кусокъ стекла. Измѣненіе цвѣта вызвано дѣйствіемъ радія. Изслѣдованія г.г. Кюри доказали, что въ присутствіи радіоактивныхъ веществъ этому измѣненію подвергаются всѣ сорта стекла. Нѣкоторые сорта по-

лучаютъ фіолетовую окраску, другіе — желтую или бурую. Но до сихъ поръ не удалось еще установить, какія химическія измѣненія столь прочнаго вещества, какимъ мы привыкли считать стекло, вызываютъ эти измѣненія цвѣта. Можно предполагать, что виновникомъ является желѣзо, содержащееся въ обыкновенномъ стеклѣ въ видѣ закисныхъ соединеній. Подъ вліяніемъ радія эти соединенія окисляются, переходя въ окисныя соединенія. Фіолетовый цвѣтъ происходитъ, быть можетъ, отъ соединеній марганца, прибавляемаго къ стеклу для ослабленія зеленаго цвѣта желѣзистыхъ соединеній.

Столь же замѣчательно окрашиваніе различныхъ солей болѣе простого состава, чѣмъ стекло. Такъ, напримѣръ, кристаллы каменной соли желтѣютъ отъ близкаго сосѣдства съ радіемъ. Бура, сплавленная въ фарфоровой чашечкѣ, становится синей. Эти цвѣта постоянны или, точнѣе говоря, сохраняются очень долго. Въ иныхъ случаяхъ мы замѣчаемъ окраску, которая исчезаетъ, коль скоро мы удалимъ радій. Такъ, напримѣръ, сплавленный бромистый калій мы можемъ дѣйствіемъ радія окрасить въ синій цвѣтъ. Удаливъ препаратъ, мы замѣтимъ, что эта окраска исчезаетъ, въ особенности послѣ нагрѣванія соли.

Вліяніе радіоактивныхъ веществъ на окраску различныхъ минераловъ точно изслѣдовано въ послѣднее время Дельтеромъ. Но и эти изслѣдованія оставили открытымъ вопросъ о томъ, какими химическими реакціями вызываются измѣненія цвѣта минераловъ.

Нѣкоторые изслѣдователи пытались использовать это вліяніе для практическихъ цѣлей Извѣстно, что мы теперь умѣемъ получать искусственнымъ путемъ нѣкоторые драгоцѣнные камни, по своимъ качествамъ нисколько не уступающіе натуральнымъ. Такъ, отъ сплавленія окиси алюминія съ окисью хрома получаются рубины, не отличающіеся отъ натуральныхъ камней ни по своему химическому составу, ни по физическимъ свойствамъ. Эти искусственные рубины имѣютъ совершенно такую же цѣну, какъ и естественные; самый опытный ювелиръ не въ состояніи отличить одни отъ другихъ. Но опыты синтеза другихъ драгоцѣнныхъ камней: изумрудовъ, смарагдовъ и др. не привели еще пока къ желанному результату, такъ какъ искусственные продукты не имѣютъ той окраски, которая обу-

словливаетъ цѣнность природныхъ минераловъ. До сихъ поръ даже не установлено, какимъ веществамъ послѣдніе обязаны своими цвѣтами. И вотъ наблюденія надъ вліяніемъ радія на цвѣтъ стеколъ навели Борда на мысль использовать это вліяніе для окрашиванія драгоцѣнныхъ камней. Онъ пріобрѣлъ у ювелира корунды самаго дешеваго сорта (по 2 франка за каратъ, и помѣстилъ ихъ въ ящикъ съ радіевымъ препаратомъ. По истеченіи мѣсяца безцвѣтные корунды пріобрѣли цвѣтъ топаза, а фіолетовые превратились въ изумруды. Дѣйствіе радія было настолько удачно, что тотъ самый ювелиръ, который раньше продалъ эти камни по 2 франка, теперь предложилъ по 45 франковъ за каратъ. Несмотря на это, пока еще не слыхать, чтобы эти опыты примѣнялись въ болѣе широкомъ масштабѣ, хотя они, быть можетъ, сулятъ нѣкоторыя надежды въ будущемъ.

Съ научной точки зрѣнія гораздо важнѣе открытіе такихъ химическихъ превращеній, которыя требуютъ затраты значительныхъ количествъ энергіи. Сюда слѣдуетъ причислить

1) превращеніе кислорода въ озонъ и
2) разложеніе воды на водородъ и кислородъ.

Разложеніе воды происходитъ въ присутствіи радіевыхъ солей съ постоянной скоростью. Изъ опытовъ П. Кюри, Дебіерна и Рамзая слѣдуетъ, что 1 граммъ радія въ теченіе часа выдѣляетъ изъ воды 0,5 куб. сант. гремучаго газа. Загадочнымъ остается то обстоятельство, что газъ, выдѣляющійся при разложеніи воды, содержитъ избытокъ водорода. Что происходитъ съ остаткомъ кислорода, долго оставалось неизвѣстнымъ; но въ послѣднее время Кернбаумъ доказалъ, что часть кислорода окисляетъ воду, образуя перекись водорода.

Подъ дѣйствіемъ радія большинство органическихъ веществъ испытываетъ своеобразное измѣненіе. Сахаръ при этомъ бурѣетъ, бумага чернѣетъ и распадается; подобное же превращеніе испытываютъ и листья растеній. Вѣроятно, лучи радія вызываютъ окисленіе этихъ веществъ.

Говоря о химическихъ дѣйствіяхъ радія, я не могу умолчать о томъ разрушающемъ вліяніи, которое онъ производитъ

на ткани организмовъ животныхъ, такъ какъ и это вліяніе, вѣроятно, въ конечномъ счетѣ вызывается химическими процессами.

Если трубку, содержащую радіевый препаратъ, приложимъ къ кожѣ, то уже по прошествіи короткаго времени, кожа покраснѣетъ, какъ послѣ ожога. Если же дѣйствіе радія продолжается дольше, то появляются болѣе или менѣе глубокія раны, которыя не залѣчиваются въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ.

Дѣйствіе радія на нервы видно изъ слѣдующаго опыта. Если мы закроемъ глаза и приблизимъ радіевый препаратъ къ вѣкамъ или даже къ вискамъ, то мы получимъ ощущеніе свѣта; интересно, что это ощущеніе получаютъ и слѣпые, сѣтчатая оболочка которыхъ не подверглась уничтоженію.

Какъ только стали извѣстны эти столь энергичныя физіологическія дѣйствія радія, сейчасъ же послѣдовалъ рядъ попытокъ примѣненія этого элемента для лѣчебныхъ цѣлей. Въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ возникла по этому вопросу обширная литература, о которой я здѣсь не могу, конечно, распространяться. Я ограничусь лишь общимъ замѣчаніемъ, что уже теперь радіотерапія даетъ весьма хорошіе результаты при лѣченіи нѣкоторыхъ накожныхъ болѣзней, въ особенности рака кожи и волчанки. На внутренніе органы радій дѣйствуетъ слишкомъ сильно, чтобы можно было уже теперь примѣнять его при лѣченіи внутреннихъ болѣзней. Достаточно указать на опыты Даныша, который доказалъ, что дѣйствіе радія на головной и спинной мозгъ животныхъ уже по истеченіи одного часа вызываетъ полный параличъ этихъ органовъ.

Однако, изслѣдованія, произведенныя въ послѣдніе годы, указали самымъ неожиданнымъ образомъ на то, что радіоактивныя вещества примѣнялись для исцѣленія больныхъ уже съ незапамятныхъ временъ, когда никто еще даже не подозрѣвалъ о существованіи радія. Изслѣдованіями Эльстера и Гейтеля доказано, что радіоактивность распространена въ природѣ. Оказалось, что радіоактивностью обладаетъ и воздухъ, и атмосферные осадки какъ дождь, такъ и снѣгъ. Радіоактивность была обнаружена на высотѣ 2200 метровъ надъ уровнемъ моря и въ глубинѣ пещеръ. Два года тому назадъ Вульфъ указалъ, что воздухъ внутри

знаменитаго Симплонскаго туннеля въ высшей степени радіоактивенъ. Эльстеръ и Гейтель изслѣдовали воду различныхъ минеральныхъ источниковъ, газы, выдѣляющіеся изъ нихъ, и, наконецъ, почву различныхъ мѣстностей (въ особенности грязь, примѣняемую для ваннъ); они нашли, что всѣ эти вещества въ большей или меньшей мѣрѣ радіоактивны. Первое мѣсто въ отношеніи радіоактивности занимаетъ источникъ, находящійся на островѣ Искія (въ Италіи): онъ показываетъ 26 единицъ радіоактивности. Источники въ Гастейнѣ (въ Австріи) содержатъ 11 единицъ, а газы, добываемые изъ воды этихъ источниковъ, 70 единицъ. Далѣе слѣдуютъ Баденъ-Баденъ (7,6 ед.), Карлсбадъ (2,7—3,2), Бурбуль (3,1), Наугеймъ (1,7), Маріенбадъ (0,5) и много другихъ извѣстныхъ цѣлебныхъ источниковъ. Въ Россіи измѣренія радіоактивности производили Ив. Ив. Боргманъ и А. П. Соколовъ. Между прочимъ они доказали радіоактивность цѣлебныхъ грязей Аренсбурга и Куяльницкаго лимана въ Одессѣ, и радіоактивность минеральныхъ водъ, находящихся на Кавказѣ, напримѣръ, въ источникахъ Нарзана. Соколовъ, кромѣ того, доказалъ, что почва различныхъ мѣстностей въ высокой степени радіоактивна; особенно этимъ свойствомъ отличается почва Московской губерніи.

Современная бальнеологія видитъ въ радіоактивныхъ веществахъ, находящихся въ природныхъ источникахъ и т. п. цѣлебныхъ средствахъ, истинную причину ихъ благотворнаго дѣйствія. Такъ какъ радіоактивныя свойства этихъ источниковъ непостоянны, то этимъ можно, по мнѣнію сторонниковъ этой теоріи, объяснить тотъ извѣстный фактъ, что всѣ эти минеральные источники дѣйствуютъ гораздо сильнѣе на мѣстѣ своего происхожденія, чѣмъ послѣ пересылки въ отдаленныя мѣста.

Мы сейчасъ увидимъ, что радіоактивныя вещества, встрѣчающіяся въ минеральныхъ источникахъ, находятся преимущественно въ газообразномъ состояніи. Вѣроятно, они проникаютъ въ организмъ главнымъ образомъ при вдыханіи. Благодаря этому, въ послѣднее время на ряду съ натуральными водами примѣняется вдыханіе радіоактивныхъ веществъ, приготовленныхъ искусственнымъ путемъ (посредствомъ эманаціи). Какъ натуральныя радіоактивныя воды, такъ и искусственная эманація примѣняются

теперь съ большимъ успѣхомъ при лѣченіи ревматизма, воспаленій слизистыхъ оболочекъ и другихъ хроническихъ болѣзней. Если принять во вниманіе, что эти опыты ведутся всего только нѣсколько лѣтъ, то мы въ правѣ возлагать на радіотерапію и эманотерапію весьма большія надежды *).

Упомянутыя выше изслѣдованія доказали, что радій и его соединенія способны безпрестанно производить и выдѣлять наружу значительныя количества энергіи въ видѣ теплоты, или лучистой энергіи, или же въ видѣ химической энергіи, идущей на преодолѣваніе такихъ сильныхъ сродствъ, какъ сродство водорода къ кислороду. Возникаетъ вопросъ, откуда берутся эти большія количества энергіи, которыя безпрестанно въ теченіе вѣковъ разсѣиваются въ безграничное пространство вселенной въ видѣ свѣта и теплоты и въ видѣ маленькихъ электроновъ, масса которыхъ меньше массы мельчайшихъ изъ извѣстныхъ атомовъ, а скорость почти равна скорости свѣта, наибольшей изъ извѣстныхъ намъ скоростей.

Но еще болѣе непонятно то обстоятельство, что радій не только способенъ самъ производить энергію, но можетъ также одарять этой способностью и другія тѣла. Всѣ предметы, находящіеся въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ радіемъ, становятся радіоактивными: они испускаютъ лучи, іонизируютъ воздухъ и т. д. Но эта «индуцированная» (т. е. наведенная) радіоактивность непостоянна. Она убываетъ съ теченіемъ времени и уже спустя полчаса уменьшается на половину. Убываніе индуцированной радіоактивности совершается съ строгой закономѣрностью; оно слѣдуетъ тому же общему началу, которому подчиняются химическія превращенія: въ каждую единицу времени радіоактивность уменьшается на одну и ту же часть общей радіоактивности вещества въ данный моментъ.

Этотъ законъ убыванія радіоактивности, сходный съ закономъ разложенія веществъ, равно какъ и другія свойства индуцированной радіоактивности прямо указываютъ на то, что мы и

---

*) Весьма поучительное сопоставленіе опытовъ относительно физіологическаго дѣйствія радія читатель найдетъ въ книгѣ проф. Лондона: Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig, 1911.

здѣсь имѣемъ дѣло съ особаго рода веществомъ, обладающимъ радіоактивными свойствами. Если мы вытремъ предметъ, получившій свою радіоактивность отъ радія, наждачной бумагой, то бумага пріобрѣтаетъ радіоактивность, а предметъ теряетъ его. Изъ этого опыта слѣдуетъ, что индуцированная радіоактивность сосредоточена исключительно на поверхности предметовъ въ видѣ весьма тонкаго слоя или осадка. Вещество, являющееся носителемъ этого свойства, мы назовемъ радіоактивнымъ осадкомъ.

Какъ и всѣ другія вещества, воздухъ становится радіоактивнымъ, когда онъ соприкасается съ радіемъ. Пока радій дѣйствуетъ на воздухъ, радіоактивность послѣдняго не мѣняется. Если, однако, удалить воздухъ изъ сосуда, содержащаго радіоактивное вещество, то можно убѣдиться, что радіоактивность постоянно убываетъ. И въ этомъ случаѣ убываніе слѣдуетъ тому же простому закону, какъ и убываніе радіоактивности «радіоактивнаго осадка». Но оно происходитъ медленнѣе. Въ среднемъ радіоактивность удерживается въ теченіе $5^1/_2$ дней.

То, что намъ извѣстно объ этихъ чудесныхъ явленіяхъ, всецѣло основано на изслѣдованіяхъ молодого англійскаго физика Ретгерфорда. Посредствомъ ряда геніально задуманныхъ опытовъ онъ доказалъ, что и радіоактивность воздуха, находившагося въ соприкосновеніи съ радіемъ, происходитъ отъ образованія новаго радіоактивнаго вещества. Ретгерфордъ назвалъ это вещество, обладающее весьма интересными свойствами, эманаціей.

Всѣ опыты, произведенные съ эманаціей доказали, что она представляетъ собою газъ. Дѣйствительно, въ 1912 г. Ретгерфорду и Содди удалось путемъ охлажденія эманаціи до температуры жидкаго воздуха перевести эманацію въ жидкое состояніе. Они получили такимъ образомъ безцвѣтную жидкость, кипящую при $-61°$ и замерзающую при $-71°$. Эманація, подобно другимъ газообразнымъ элементамъ, обнаруживаетъ характерный спектръ. По своимъ свойствамъ эманація принадлежитъ къ открытой Рамзаемъ группѣ благородныхъ газовъ (см. стр. 273). Въ послѣднее время опредѣленъ атомный вѣсъ эманаціи. Онъ равенъ 222, такъ что въ періодической таблицѣ Менделѣева, этотъ новый элементъ занимаетъ мѣсто въ нулевой группѣ подъ криптономъ, самымъ тяжелымъ изъ газовъ этой группы (ср. таблицу къ стр. 265).

Слѣдуетъ отмѣтить, что радій, одаряя радіоактивностью другія тѣла, самъ ослабѣваетъ. По мѣрѣ того, какъ образуется радіоактивный осадокъ и эманація, радіоактивность радія уменьшается. Уменьшеніе доходитъ до 75% первоначальной величины радіоактивности. Но если мы этотъ радій предохранимъ отъ дальнѣйшей потери силы, напримѣръ, держа его въ закрытомъ сосудѣ, то онъ мало-по-малу какъ бы приходитъ въ себя, и по истеченіи мѣсяца возстановляется весь его первоначальный запасъ активности.

Уже эти факты сами по себѣ доказываютъ, что радій въ самомъ дѣлѣ не столь постояненъ, какъ мы раньше предполагали. Они указываютъ, что источникъ лучистой энергіи этого элемента скрывается, по всей вѣроятности, въ этихъ столь своеобразныхъ измѣненіяхъ. Теоретическія и экспериментальныя изысканія, направленныя къ рѣшенію этой загадки, по своему всеобъемлещему и глубокому значенію занимаютъ совершенно исключительное положеніе между всѣми другими научными изслѣдованіями послѣдней эпохи. По своимъ слѣдствіямъ они могутъ быть сравнены съ величайшими переворотами, какіе когда-либо пришлось переживать точнымъ наукамъ.

Однако, раньше чѣмъ приступить къ разсказу о рѣшеніи загадки радія, я долженъ познакомить Васъ, Мм. Гг., со свойствами и съ природой тѣхъ лучей, которые безпрестанно испускаются радіоактивными веществами. Анализъ этихъ лучей доказываетъ, что они неоднородны. Различными способами мы можемъ раздѣлить лучи радія на три класса, которые обозначаются обыкновенно начальными буквами греческаго алфавита: α, β, γ. Эти три класса разнятся другъ отъ друга способностью проникать сквозь вещество и, главнымъ образомъ, отношеніемъ къ сильному электромагнитному полю.

Посредствомъ электромагнита мы можемъ довольно точно раздѣлить эти три рода лучей. Если мы помѣстимъ радій въ небольшую коробочку изъ свинца и расположимъ послѣднюю между полюсами сильнаго электромагнита, то замѣтимъ, что лучи радія измѣнятъ свое направленіе. Если силовыя линіи будутъ проходить перпендикулярно къ плоскости экрана, и если мы предположимъ, что сѣверный полюсъ магнита находится передъ экраномъ, а южный—позади его, то лучи альфа

отклонятся на небольшой уголъ влѣво, лучи бета отклонятся весьма сильно вправо, лучи же гамма совершенно не отклоняются (рис. 79).

Замѣчательныя различія наблюдаются при изслѣдованіи силы проницанія этихъ трехъ классовъ лучей. Первое мѣсто принадлежитъ лучамъ гамма, которые проходятъ черезъ свинцовую пластинку, имѣющую 20 сантиметровъ толщины. Лучи бета менѣе проницательны. Они поглощаются алюминіевой пластинкой, имѣющей въ толщину не болѣе одного сантиметра. Наименьшей проницательностью отличаются лучи альфа: такъ, для поглощенія ихъ достаточно взять алюминіевую пластинку толщиною всего лишь въ 0.001 сантиметра! Если мы обозначимъ силу проницанія лучей альфа черезъ единицу, то сила проницанія лучей бета выразится числомъ 100, а лучей гамма — числомъ 10000.

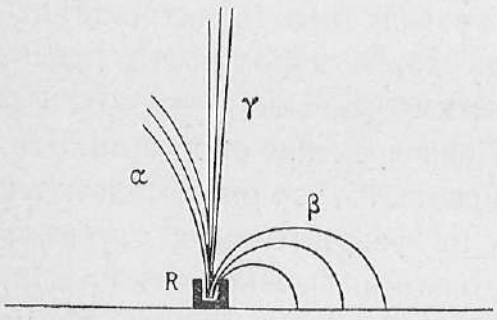


Рис. 79. Распредѣленіе лучей радія въ магнитномъ полѣ.

Обратный порядокъ мы замѣтимъ, изслѣдуя іонизирующую способность и теплопроизводительность этихъ трехъ классовъ лучей. По отношенію къ этимъ свойствамъ первое мѣсто занимаютъ лучи альфа. Ихъ іонизирующая способность выражается числомъ 10.000. Далѣе слѣдуютъ лучи бета, іонизирующая способность которыхъ равна 100, а послѣднее мѣсто занимаютъ лучи альфа, іонизирующая способность которыхъ принята за единицу.

Переходя къ изслѣдованію природы этихъ различныхъ лучей радія, мы начнемъ съ лучей гамма, о природѣ которыхъ намъ пока меньше всего извѣстно. Они отличаются главнымъ образомъ свойствами отрицательнаго характера и обнаруживаютъ вслѣдствіе этого очень близкое сходство съ рентгеновскими лучами, или X-лучами. Они не отклоняются въ магнитномъ полѣ, они не преломляются и не отражаются. Что касается ихъ силы проницанія, то они въ этомъ отношеніи значительно превышаютъ Рентгеновскіе лучи. Это обстоятельство является, какъ мною уже указано раньше, причиной того, что

радіограммы менѣе отчетливы, чѣмъ рентгенограммы: гамма лучи проходятъ и сквозь такіе плотные предметы, черезъ которые рентгеновскіе лучи не могутъ проникнуть.

Относительно природы рентгеновскихъ лучей физики еще не пришли къ одному опредѣленному взгляду. Нельзя еще пока сказать съ полною увѣренностью, состоятъ ли они изъ маленькихъ матеріальныхъ частичекъ, выбрасываемыхъ въ пространство съ огромной скоростью, или же происходятъ вслѣдствіе мгновенныхъ электромагнитныхъ возмущеній эѳира, распространяющихся съ такой же скоростью, какъ и электрическія волны. Въ послѣднее время умножилось число фактовъ, говорящихъ въ пользу послѣдняго предположенія, въ виду чего электромагнитную гипотезу можно съ извѣстной долей вѣроятности приложить и къ лучамъ гамма, испускаемымъ радіемъ.

Лучи гамма появляются всегда одновременно съ лучами бета, и поэтому многіе изслѣдователи полагаютъ, что они вызываются послѣдними точно такъ же, какъ въ разрѣженныхъ трубкахъ рентгеновскіе лучи вызываются катодными. Однако, это предположеніе, хотя само по себѣ весьма вѣроятное, пока еще не нашло опытнаго подтвержденія.

Отличительное свойство лучей бета состоитъ, какъ мы видѣли, въ томъ, что въ магнитномъ полѣ, расположенномъ извѣстнымъ образомъ, они отклоняются вправо. Это доказываетъ, что лучи бета относятся къ магнитному полю такимъ же образомъ, какъ проводники, заряженные отрицательнымъ электричествомъ. Въ этомъ отношеніи β-лучи вполнѣ сходны съ тѣми интересными лучами, которые подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ возникаютъ въ трубкахъ, содержащихъ разрѣженный воздухъ. Это — открытые Круксомъ катодные лучи, названные такъ потому, что они выбрасываются катодомъ, т. е. тѣмъ электродомъ круксовой трубки, который соединенъ съ отрицательнымъ полюсомъ катушки.

Всѣ свойства катодныхъ лучей, изслѣдованныя въ послѣднее время весьма подробно, доказываютъ съ ясностью, не оставляющей сомнѣній, что эти лучи не могутъ происходить отъ волнообразныхъ колебаній эѳира, сходныхъ съ колебаніями свѣтовыхъ волнъ. Они, слѣдовательно, должны вызываться чѣмъ-то другимъ.

Вспомнимъ, что когда-то относительно природы обыкно-

веннаго свѣта существовали двѣ гипотезы. Ньютонъ предполагалъ, что лучи свѣта состоятъ изъ отдѣльныхъ частичекъ матеріи, выбрасываемыхъ источникомъ свѣта съ чрезвычайной скоростью. Эта гипотеза, извѣстная въ наукѣ подъ названіемъ «эмиссіонной» или гипотезы истеченія, пала въ борьбѣ съ гипотезой Гюйгенса, разсматривающаго свѣтъ, какъ волнообразныя колебанія эѳира. Гипотеза Гюйгенса дала полное объясненіе явленій интерференціи и поляризаціи свѣта, съ которыми гипотеза Ньютона не могла справиться; поэтому волнообразная теорія свѣта побѣдила теорію истеченія. Но изслѣдованія Крукса надъ катодными лучами вернули идеѣ Ньютона то почетное мѣсто въ наукѣ, котораго она вполнѣ заслуживаетъ. Дѣйствительно, катодные лучи отвѣчаютъ какъ разъ всѣмъ тѣмъ требованіямъ, которыя были выставлены гипотезой истеченія.

Съ точки зрѣнія этой гипотезы всѣ дѣйствія лучей бета могутъ быть разсматриваемы, какъ слѣдствія безпрестанной «бомбардировки», производимой маленькими матеріальными частичками, масса которыхъ должна быть въ тысячу разъ меньше массы самаго легкаго изъ всѣхъ извѣстныхъ атомовъ, т. е. атома водорода. Электрическія и магнитныя свойства этихъ частичекъ доказываютъ неопровержимымъ образомъ, что эти частички одарены электрическимъ зарядомъ и что этотъ зарядъ — отрицательный. Мы разсматриваемъ теперь эти частички, какъ «атомы электричества», т. е. элементарныя количества электрическаго заряда, и называемъ ихъ поэтому электронами. Въ послѣднее время произведенъ былъ цѣлый рядъ классическихъ изслѣдованій, которыя съ большой точностью установили основныя свойства электрона: электрическій зарядъ отдѣльнаго электрона, его массу и скорость.

Опыты, произведенные Беккерелемъ и Кауфманномъ надъ лучами бета, доказали, что эти лучи по всѣмъ своимъ свойствамъ вполнѣ совпадаютъ съ катодными лучами, состоящими изъ потока электроновъ. Отношеніе величины электрическаго заряда къ массѣ лучей оказалось равнымъ 10^7, т. е. тождественнымъ съ зарядомъ единицы массы электроновъ. Скорость лучей бета составляетъ около 150000 километровъ въ секунду; она меньше скорости свѣта и немного больше скорости обыкновенныхъ катодныхъ лучей. Впрочемъ, изслѣдованія Даныша дока-

зали, что скорость лучей бета не совсѣмъ постоянна; эти лучи также не однородны, а состоятъ изъ нѣсколькихъ пучковъ лучей, обладающихъ различной скоростью. Какъ бы тамъ ни было, мы можемъ съ полнымъ правомъ утверждать, что лучи бета, испускаемые радіемъ,—это свободные электроны.

Здѣсь я долженъ посвятить нѣсколько словъ описанію чрезвычайно интереснаго прибора, придуманнаго проф. Стреттомъ

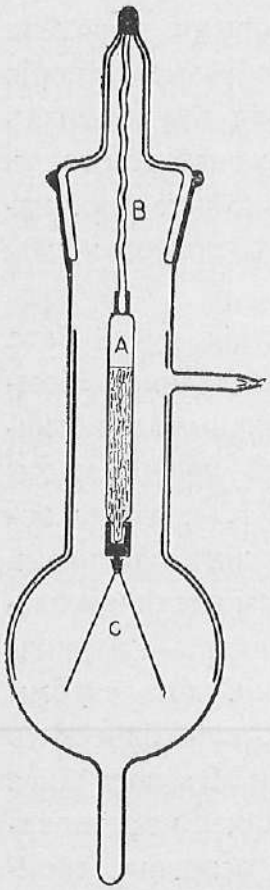


Рис. 80. Радіевые часы Стретта (діаграмма).

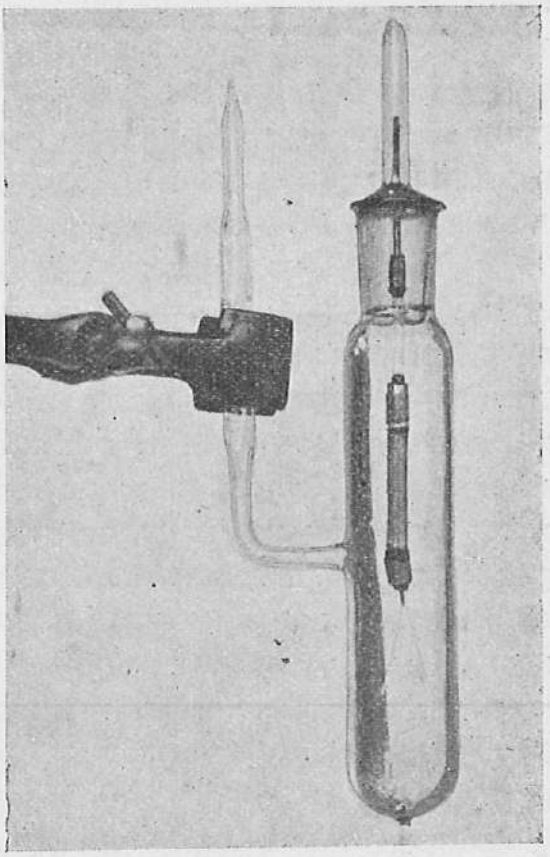


Рис. 81. Снимокъ радіевыхъ часовъ.

и основаннаго на дѣйствіи электроновъ. Приборъ этотъ носитъ названіе радіевыхъ часовъ и изображенъ на рис. 80 и 81; онъ представляетъ собою простое видоизмѣненіе обыкновеннаго электроскопа съ золотыми листочками. На кварцевой нити виситъ трубочка, содержащая небольшое количество радіеваго препарата. Къ трубочкѣ прикрѣплены два золотыхъ листочка. Мы уже знаемъ, что радій постоянно выбрасываетъ электроны и что эти элек-

троны уносятъ съ собою отрицательное электричество. Вслѣдствіе этого трубочка заряжается положительно. Положительный зарядъ передается золотымъ листочкамъ, и послѣдніе вслѣдствіе этого отклоняются, какъ показано на рисункѣ. Когда отклоненіе достигнетъ опредѣленнаго угла, одинъ изъ листочковъ прикоснется къ платиновой проволокѣ, впаянной въ трубку и соединенной съ землей. Вслѣдствіе этого листочки разрядятся и опадутъ. Затѣмъ они снова начнутъ расходиться. Эта игра листочковъ происходитъ въ опредѣленные промежутки времени: каждыя 3 минуты листочки сходятся, чтобы сызнова начать свое движеніе. Мы имѣемъ здѣсь, такимъ образомъ, своеобразные часы, которые совершенно не требуютъ завода; мы можемъ назвать ихъ, если угодно, современнымъ «perpetuum mobile»!

Свойства лучей альфа, къ описанію которыхъ я теперь перехожу, по своему научному интересу болѣе важны, чѣмъ свойства остальныхъ двухъ классовъ радіевыхъ лучей. Они-то и дали ключъ для разрѣшенія загадки объ источникѣ энергіи радія. Лучи альфа отклоняются въ указанномъ выше магнитномъ полѣ влѣво. Отсюда мы должны вывести заключеніе, что эти лучи, въ противоположность лучамъ бета, заряжены положительно. Отношеніе величины заряда къ массѣ лучей альфа оказалось равнымъ 6000; оно, слѣдовательно, гораздо меньше, чѣмъ у лучей бета. Скорость ихъ распространенія достигаетъ 20000 километровъ въ секунду.

Изученіемъ лучей альфа мы обязаны Ретгерфорду: онъ первый нашелъ, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ потокомъ частицъ газа, заряженныхъ положительно. Лучи α состоятъ изъ газовыхъ іоновъ. На это указываетъ ихъ масса, соотвѣтствующая по порядку величины массѣ обыкновенныхъ атомовъ (стр. 175). Изъ опредѣленій массы частичекъ альфа можно было заключить, что каждая частичка альфа приблизительно въ 4 раза тяжелѣе водорода. Что же это за газъ, образующійся непосредственно изъ радія? Имѣемъ ли мы и здѣсь дѣло съ новымъ газообразнымъ элементомъ? Рядъ открытій, послѣдовавшихъ съ чрезвычайной быстротой одно за другимъ, далъ совершенно неожиданное и въ высшей степени интересное рѣшеніе этой загадки.

Мы видѣли, что Ретгерфорду и Содди удалось ожижить радіоактивный газъ, выдѣляющійся изъ радіевыхъ солей, или т. н.

эманацію, которую нужно признать новымъ элементомъ. Рамзай и Содди держали этотъ газъ въ запаянной стеклянной трубкѣ и изслѣдовали спектральныя линіи, появляющіяся во время пропусканія электрическаго разряда черезъ эманацію. Вначалѣ они видѣли въ спектроскопѣ характерныя линіи этого элемента, отличныя отъ спектральныхъ линій другихъ элементовъ. Но послѣ 3 дней появилась новая желтая линія, характерная для одного изъ недавно открытыхъ тѣмъ же Рамзаемъ элементарныхъ газовъ, а именно, гелія. Затѣмъ одна за другой появились и другія линіи этого элемента: получился ясный спектръ гелія.

Такимъ образомъ впервые путемъ опыта доказана была возможность трансмутаціи, возможность превращенія одного элемента въ другой. Вмѣстѣ съ тѣмъ былъ снятъ покровъ съ одной изъ самыхъ трудныхъ загадокъ науки: выяснился источникъ происхожденія энергіи радія. Проблема рѣшена, и рѣшена не путемъ умозрительныхъ разсужденій, а опытомъ. Однако, какъ и во многихъ другихъ научныхъ открытіяхъ, съ самаго начала руководящей нитью при опытахъ служила предвзятая мысль или гипотеза. Она-то и указала прямой путь для рѣшенія всей проблемы.

Если радій, какъ и эманація, выбрасываетъ частички болѣе легкаго газа гелія, то этотъ процессъ долженъ сопровождаться разложеніемъ атомовъ радія. Теперь уже можно считать доказаннымъ, что явленія радіоактивности не противорѣчатъ основному космическому закону, т. е. закону сохраненія энергіи. Теперь уже не подлежитъ сомнѣнію, что источникъ энергіи радія, повидимому неисчерпаемый, кроется въ медленномъ и непрерывномъ превращеніи этого элемента. Можно считать болѣе чѣмъ вѣроятнымъ, что это превращеніе состоитъ въ разложеніи радія на два новыхъ элемента: на новый радіоактивный газъ, называемый эманаціей, и на извѣстный газъ гелій, іоны котораго, одаренные чрезвычайной скоростью, выбрасываются радіемъ въ видѣ частичекъ альфа. Мы получаемъ такимъ образомъ новаго рода химическое уравненіе,—уравненіе разложенія химическаго элемента:

радій = эманація + гелій.

Частички альфа выбрасываемыя радіемъ,—это атомы гелія. Но эти атомы движутся со скоростью 20000 километровъ въ

часъ, т. е. съ такой скоростью, которой мы даже не можемъ представить себѣ. Легко вычислить, что при такой огромной скорости, частичка альфа могла бы совершить путешествіе вокругъ земли въ 2 секунды. Въ теченіе же 21-го часа она успѣла бы долетѣть до солнца. Но въ дѣйствительности она встрѣчаетъ на своемъ пути частицы воздуха, сталкивается съ ними и отдаетъ имъ свою кинетическую энергію, которая превращается въ теплоту.

Не подлежитъ сомнѣнію, что частички альфа обладаютъ бо́льшимъ запасомъ кинетической энергіи, чѣмъ частицы другихъ веществъ. Благодаря именно этой энергіи, онѣ даютъ себя чувствовать даже и тогда, когда ихъ общее количество чрезвычайно мало,—меньше, чѣмъ количества другихъ веществъ, необходимыя для ихъ открытія. Только благодаря своему сильному дѣйствію, радій и другія радіоактивныя вещества могли быть открыты, несмотря на то, что они существуютъ въ природѣ лишь въ весьма разсѣянномъ видѣ.

Приблизительное представленіе о тѣхъ минимальныхъ количествахъ радія, которыя достаточны для того, чтобы безпрестанно производить дѣйствіе на наши органы чувствъ (хотя нѣтъ вѣсовъ достаточно чувствительныхъ, чтобы можно было опредѣлить ихъ массу)—даетъ чудесная картина, вызываемая фосфоресценціей въ спинтарископѣ, приборѣ, изобрѣтенномъ Круксомъ (рис. 82 и 83). Къ нижнему основанію цилиндрической трубки прикрѣпленъ экранъ, покрытый сѣрнистымъ цинкомъ (обманкой Сидо), который подъ вліяніемъ радія, какъ намъ извѣстно, испускаетъ свѣтъ. Впереди экрана мы видимъ иголку, на кончикѣ которой содержится ничтожное количество радіевой соли. Это количество такъ мало, что свѣченіе экрана не непрерывно, а состоитъ изъ отдѣльныхъ искорокъ или изъ отдѣльныхъ свѣтящихся точекъ. Наблюдая это свѣченіе чрезъ увеличительное стекло, мы получаемъ такое же впечатлѣніе, которое мы испытываемъ, наблюдая въ ясную, тихую ночь мерцаніе звѣздъ на небесномъ сводѣ. Круксъ называетъ это явленіе сцинтиляціей.

Такимъ способомъ была достигнута возможность наблюдать отдѣльные атомы, т.-е. осуществлена завѣтная мечта изслѣдователей (см. стр. 178). Въ самомъ дѣлѣ, каждая искра

происходитъ отъ удара отдѣльной частички альфа о частицу сѣрнистаго цинка, подобно искрѣ при ударѣ стали о камень. Посредствомъ этого метода Ретгерфордъ нашелъ, что 1 граммъ радія выбрасываетъ 136 милліардовъ частичекъ альфа въ секунду. Этотъ результатъ совершенно точно совпалъ съ заключеніями, выведенными изъ другихъ опытовъ, и сдѣлалъ возможнымъ опредѣленіе величины частицы гелія. Въ VII лекціи я уже указалъ,

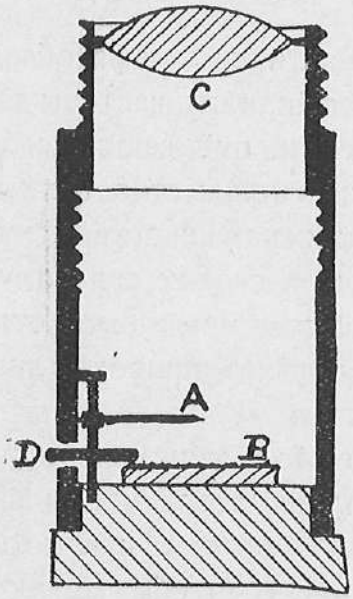


Рис. 82.



Рис. 83.

Спинтарископъ Крукса (діаграмма и снимокъ).

что полученное такимъ образомъ число очень хорошо согласуется съ результатами, которые почти одновременно были получены изъ опредѣленія скорости Броуновскаго движенія, а также съ результатами расчетовъ, произведенныхъ еще раньше на основаніи самыхъ разнородныхъ физическихъ явленій.

Послѣ этой экскурсіи вернемся къ изслѣдованіямъ дальнѣйшей судьбы эманаціи. Въ сравненіи съ радіемъ она живетъ весьма короткое время. Она разрушается, какъ и радій, только несравненно быстрѣе. Согласно общему закону распада радіоактивныхъ веществъ, скорость разложенія эманаціи прямо пропорціональна количеству вещества. Такимъ образомъ опредѣлено, что каждую секунду подвергается разрушенію $\frac{1}{500\,000}$ того количества эманаціи, которое существовало въ началѣ даннаго момента. Это число, называемое скоростью превращенія или постоянной радіо-

активности и обозначаемое для краткости греческой буквой λ, представляетъ величину, въ высшей степени характерную для радіоактивныхъ веществъ. Постоянная радіоактивности является такимъ же индивидуальнымъ свойствомъ радіоактивныхъ элементовъ, какъ для элементовъ вообще — спектръ, атомный вѣсъ и др. свойства. Она можетъ быть точно опредѣлена даже въ тѣхъ случаяхъ, когда само радіоактивное вещество распадается столь скоро, что объ изслѣдованіи какихъ-либо другихъ свойствъ его не можетъ быть и рѣчи. Константа радіоактивности — единственная величина, которая можетъ служить для характеристики такихъ эфемерныхъ элементовъ.

Постоянство этой постоянной прямо удивительно! Скорость химическихъ реакцій зависитъ въ высокой степени отъ температуры, отъ давленія, даже отъ мельчайшихъ примѣсей постороннихъ веществъ — катализаторовъ (ср. лекцію IX). Но скорость, съ которой совершается превращеніе раніоактивныхъ элементовъ, не зависитъ не только отъ давленія и температуры, но даже и отъ того, въ какомъ соединеніи находится данный элементъ. До сихъ поръ всѣ усилія, направленныя къ ускоренію или замедленію этихъ процессовъ, оказались тщетными. «Какъ отдѣльное солнце во вселенной, такъ и каждый радіоактивный элементъ совершаетъ свое превращеніе съ величественнымъ спокойствіемъ, не заботясь о тѣхъ измѣненіяхъ, которыя происходятъ въ окружающей средѣ». Радіоактивный элементъ по праву можетъ считаться самыми неизмѣнными «часами вселенной» (Оствальдъ).

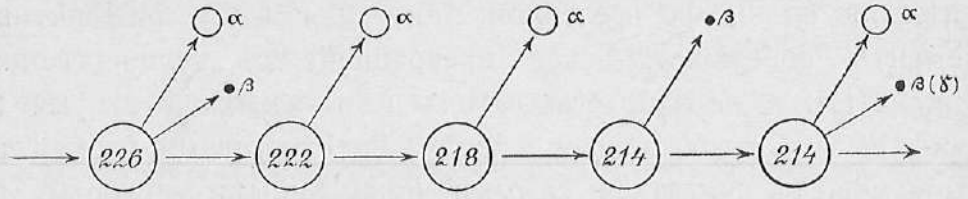
Зная, что въ каждую секунду $\frac{1}{500\,000}$ часть эманаціи подвергается разрушенію, мы легко можемъ вычислить, что въ среднемъ эманація можетъ существовать лишь 500 000 секундъ, т. е. 5,8 дней. Это ея средняя продолжительность жизни. Что же происходитъ съ ней послѣ смерти?

Одинъ изъ продуктовъ ея распада намъ уже знакомъ: это гелій, образующійся изъ частичекъ альфа. Другой же продуктъ распада есть не что иное, какъ тотъ «радіоактивный осадокъ», который до того, какъ онъ былъ признанъ веществомъ, разсматривался, какъ особое свойство матеріи — «индуцированная радіоактивность». Въ сосудѣ, содержащемъ эманацію, этотъ

осадокъ постоянно отлагается на стѣнкахъ. Осадокъ образуется и исчезаетъ. Ибо этотъ радіоактивный осадокъ живетъ еще болѣе короткое время, чѣмъ эманація. По истеченіи получаса онъ уменьшается на половину; отсюда можно вычислить, что продолжительность жизни радіоактивнаго осадка составляетъ всего 43 минуты.

Распадъ этого осадка совершается не сразу. Изъ скорости убыванія радіоактивности можно заключить, что распадъ совершается въ три фазы, въ теченіе которыхъ образуются промежуточные продукты, называемые радіемъ *A*, радіемъ *B* и радіемъ *C*. Всѣ эти постепенныя превращенія слѣдуютъ одно за другимъ довольно быстро. Вслѣдствіе краткой жизни этихъ промежуточныхъ элементовъ, мы, конечно, не въ состояніи изучить ихъ химическихъ и физическихъ свойствъ. Единственное свойство, намъ извѣстное, это — ихъ «средняя продолжительность жизни», опредѣляемая изъ скорости ихъ превращенія. Но этого свойства вполнѣ достаточно для характеристики каждаго изъ этихъ элементовъ.

Такимъ образомъ, мы получаемъ слѣдующую схему постепенныхъ превращеній радія



радій — эманація (= нитонъ) — радій *A* — радій *B* — радій *C*

кратковременный радіоактивный осадокъ.

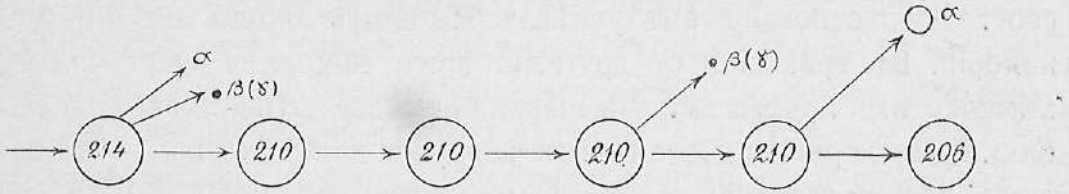
2900 лѣтъ — 5,58 дней — 4,3 мин. — 38,5 мин. — 28,1 мин.

Изъ этой схемы видно, что промежуточные продукты распада радія разнятся другъ отъ друга не только своей договѣчностью, но и характеромъ испускаемыхъ лучей. Такъ, радій *A* испускаетъ только лучи α, радій *B* только лучи β, а радій *C* лучи α и β (и, вѣроятно, также и лучи γ).

Но этимъ еще эволюція радія не кончается. Г-жа Кюри доказала, что радіоактивность осадка не вполнѣ исчезаетъ даже по истеченіи нѣсколькихъ часовъ. Часть радіоактивныхъ свойствъ сохраняется и наблюдается еще въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ.

Слѣдовательно, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ радіоактивнымъ веществомъ, превращающимся чрезвычайно медленно. Но и это превращеніе, какъ и предыдущія, должно пройти черезъ нѣсколько отдѣльныхъ ступеней. До сихъ поръ съ достовѣрностью извѣстны 4 фазы, соотвѣтствующія четыремъ новымъ радіоактивнымъ элементамъ: радію D, радію E_1, радію E_2 и радію F. Особенный интересъ представляетъ послѣднее звено этой длинной цѣпи эволюціи элементовъ. Радій F, подробно изслѣдованъ. Продолжительность его жизни оказалась равной 203 днямъ; это число, равно какъ и свойства радія F, доказали, что мы въ радіи F имѣемъ стараго знакомаго—элементъ, открытый г. Кюри въ началѣ ея изслѣдованій надъ радіоактивными элементами смоляной руды и названный тогда полоніемъ! (ср. стр. 278).

Такимъ образомъ былъ установленъ слѣдующій рядъ продуктовъ превращенія радія:



Если приведенная выше схема вѣрна, то радій долженъ потерять 4 частички α, прежде чѣмъ онъ превратится въ полоній. Такъ какъ атомный вѣсъ гелія равенъ 4, и атомный вѣсъ радія близокъ къ 226, то атомный вѣсъ полонія, образующагося послѣ отщепленія четырехъ атомовъ гелія изъ атома радія, долженъ быть равенъ $226 - 4 \times 4$, т. е. 210. Дѣйствительно, мы находимъ въ періодической системѣ Менделѣева (см. таблицу къ стр. 265) свободное мѣсто для элемента съ атомнымъ вѣсомъ 210, а именно, въ VI группѣ, въ 9-омъ горизонтальномъ ряду. Здѣсь для него имѣется мѣсто послѣ висмута съ атомнымъ вѣсомъ 208, въ той же подгруппѣ, къ которой принадлежитъ теллуръ. Дѣйствительно, Марквальдъ нашелъ, что полоній по своему химическому характеру похожъ на теллуръ, а по нѣкоторымъ свойствамъ сходенъ съ висмутомъ.

Что же остается отъ полонія, когда и этотъ элементъ отбрасываетъ частичку α? Продуктомъ распада полонія долженъ быть, очевидно, элементъ постоянный, не обнаруживающій радіоактивныхъ свойствъ. Содди[1]) предполагаетъ, что этотъ элементъ, атомный вѣсъ котораго долженъ быть равенъ 206, можетъ быть, тождественъ съ нашимъ обыкновеннымъ свинцомъ. Свое предположеніе этотъ знаменитый изслѣдователь основываетъ на томъ фактѣ, что свинецъ сопровождаетъ уранъ во всѣхъ почти минералахъ, содержащихъ этотъ послѣдній элементъ.

Имѣя въ своемъ распоряженіи данныя относительно скорости распада радія, мы можемъ рѣшить вопросъ, сколько энергіи выдѣляетъ радій за всю свою жизнь. Мы видѣли, что 1 граммъ радія выдѣляетъ 118 калорій въ часъ, т. е. около одного милліона калорій въ годъ. Такъ какъ средній періодъ жизни радія составляетъ около 3000 лѣтъ, то за все время своего существованія онъ успѣетъ выдѣлить около 3000000000 калорій. Въ сравненіи съ другими, даже наиболѣе энергичными, химическими процессами эта цифра оказывается неимовѣрно большой. Ибо сгораніе одного грамма водорода даетъ только 34000 калорій, а при сгораніи одного грамма угля мы получаемъ всего 8000 калорій. Чтобы получить то количество тепла, которое выдѣляетъ одинъ граммъ радія, мы принуждены сжечь 350 килограммовъ угля или 80 килограммовъ водорода:

Эти числа показываютъ, сколь великъ запасъ энергіи, накопленный въ атомахъ элементовъ. Это обстоятельство до извѣстной степени объясняетъ намъ ту устойчивость элементовъ по отношенію къ обыкновеннымъ средствамъ анализа, на которой со временъ Ванъ Гельмонта зиждется наша химическая система. Съ другой стороны становится яснымъ, что въ сравненіи съ этимъ громаднымъ запасомъ энергіи всѣ усилія, которыя мы обыкновенно примѣняемъ для ускоренія реакцій, являются ничтожными; потому-то, вѣроятно, и скорость процесса распада атомовъ лежитъ пока внѣ предѣловъ нашего воздѣйствія.

Радій разлагается чрезвычайно медленно. Въ теченіе цѣлаго года подвергается распаду лишь $\frac{1}{3000}$ часть препарата. Чтобы

[1]) Содди, Радій и его разгадка. Переводъ подъ редакціей прив.-доц. *Д. Д. Хмырова*. Одесса, 1910. Изд. *Матезисъ*.

дождаться того момента, когда разложится половина нашего препарата, мы должны были бы жить больше 2000 лѣтъ. Въ сравненіи съ нашей жизнью это періодъ чрезвычайно длинный, но по сравненію съ жизнью земли, съ продолжительностью геологическихъ эпохъ — это лишь одинъ моментъ. Если бы радій образовался въ ту эпоху, когда земная кора начала застывать, то отъ него, навѣрное, теперь не осталось бы ни слѣда. Но изслѣдованія М. Кюри показали, что радій въ сопровожденіи урана находится во многихъ природныхъ минералахъ. Разъ радій существуетъ по сіе время, то онъ, слѣдовательно, рождается и умираетъ подобно живымъ существамъ, которымъ положенъ ограниченный срокъ.

Откуда же происходитъ радій? Кто его отецъ? Вотъ вопросы, возникающіе сами собой?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ мы находимъ въ минералогіи. Радій—спутникъ урана во всѣхъ мѣстонахожденіяхъ этого послѣдняго. Анализъ радіоактивныхъ каменныхъ породъ доказываетъ, что между количествомъ урана и количествомъ радія во всѣхъ минералахъ существуетъ довольно постоянное отношеніе, а именно, количество урана въ нѣсколько милліоновъ разъ превышаетъ количество радія. Отсюда можно съ извѣстной степенью вѣроятности заключить, что родоначальникомъ семьи радія является уранъ. На основаніи анализа урановыхъ рудъ Ретгерфордъ и Ботвудъ вычислили, что періодъ жизни урана составляетъ около 9000000000 лѣтъ (конечно, это число лишь приблизительное).

Что уранъ дѣйствительно подвергается превращенію, доказывается его радіоактивностью, которая именно въ этомъ веществѣ и была впервые обнаружена (Беккерель). Позднѣйшія изслѣдованія доказали, что отъ урана отщепляются частички α. Но непосредственнымъ продуктомъ распада атомовъ урана является не радій, а другой радіоактивный элементъ, существующій лишь короткое время. Это уранъ-иксъ, жизнь котораго продолжается лишь 35,5 дней. Умирая, онъ выбрасываетъ лучи β и γ. Объ этомъ элементѣ извѣстно лишь, что по своимъ химическимъ свойствамъ онъ принадлежитъ къ группѣ желѣза.

Считается вѣроятнымъ существованіе еще одного промежу-

точнаго звена между ураномъ и ураномъ-*X*. Но пока намъ извѣстно только имя этого непосредственнаго потомка урана—радіоуранъ. Даже скорости его превращенія пока еще не удалось опредѣлить.

Не подлежитъ сомнѣнію, что и между ураномъ-*X* и радіемъ существуетъ по крайней мѣрѣ одинъ промежуточный членъ этого семейства. Это іоній, которымъ въ минералахъ сопровождается другой радіоактивный элементъ—актиній; о послѣднемъ я сейчасъ разскажу подробнѣе. Іоній открытъ былъ недавно Ретгерфодомъ и Ботвудомъ въ карнотитѣ.

Такимъ образомъ мы получаемъ слѣдующее родословное дерево семейства радія:

Названіе	Уранъ →	Радіоуранъ →	Уранъ-*X* →	Іоній →
Атомн. вѣсъ	238,5	?	234	230
Лучи	α	?	β,γ	α
Продолжит. жизни	9×10^9л.	?	35,5 дн.	4500л.(?)

Названіе	→ Радій →	Эманація (=нитонъ) →	Радій *A* →	Радій *B* →	Радій *C* →
Атомн. вѣсъ	226,5	222	218	214	214
Лучи	α,β	α	α	β	α,β,γ
Продолж. жизни	2900 л.	5,55 дн.	4,3 мин.	38,5 мин.	28,1 мин.

Названіе	Радій *D* →	Радій E_1 →	Радій E_2 →	Радій *F* (=полоній) →	Радій *G* (свинецъ?)
Атомн. вѣсъ	210	210	210	210	206
Лучи	?	?	β	α	o
Продолж. жизни	21 годъ (?)	?	6,9 дн.	202 дн.	∞(?)

Почти одновременно съ тѣмъ, какъ супруги Кюри открыли радій и полоній, Дебіернъ открылъ въ смоляной рудѣ другой радіоактивный элементъ—актиній. Этотъ элементъ осаждается вмѣстѣ съ желѣзомъ и рѣдкими землями. Замѣчательнымъ свойствомъ актинія является то, что радіоактивность его весьма сильна и не измѣняется сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ. Даже сравнительно разбавленные препараты, содержащіе лишь

незначительныя количества этого радіоактивнаго элемента, имѣютъ въ 100000 разъ бо́льшую радіоактивность, чѣмъ уранъ. Актиній является представителемъ особой семьи радіоактивныхъ элементовъ. Превращенія актинія, изслѣдованіемъ которыхъ мы обязаны главнымъ образомъ Т. Годлевскому, аналогичны превращеніямъ радія. Актиній тоже распадается, выдѣляя частички гелія и превращаясь въ эманацію актинія, которая живетъ, однако, лишь весьма короткое время: всего 5,6 секундъ. Дальнѣйшими продуктами распада являются актиній *A*, актиній *B*, актиній *C* и актиній *D*.

Вскорѣ послѣ открытія радіоактивности урана найденъ былъ еще одинъ радіоактивный элементъ: торій. Одновременно появившіяся работы Шмидта и М. Кюри доказали, что и самъ торій и его соединеніе испускаютъ лучи, которые отличаются способностью проникать чрезъ непрозрачные предметы, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку и іонизируютъ воздухъ и другіе газы. Далѣе опыты показали, что излученіе торія происходитъ постоянно, какъ это уже было извѣстно относительно излученія урана.

Въ послѣднее время Ганъ изслѣдовалъ радіоактивность минераловъ, содержащихъ торій. Этими работами установлено существованіе въ этихъ минералахъ еще одного радіоактивнаго элемента, который относится къ торію такъ, какъ радій къ урану. Этотъ элементъ получилъ названіе радіоторія. Его радіоактивность уменьшается, какъ и радіоактивность радія, согласно общему закону убыванія активности, но съ гораздо меньшей скоростью. Средній періодъ существованія радіоторія продолжается только 1063 дня. Какъ торій, такъ и радіоторій выдѣляютъ частички α. Изъ торія образуются члены, промежуточные между торіемъ и радіоторіемъ; мезоторій 1, мезоторій 2 и мезоторій 3. Радіоторій послѣ удаленія частички α образуетъ сначала торій-иксъ, а затѣмъ эманацію торія, газообразный элементъ, аналогичный эманаціямъ радія и актинія, но имѣющій другую скорость превращенія. Эманація торія живетъ 76 секундъ. Испуская частички α, она превращается постепенно въ торій *A*, торій *B*, торій *C* и торій *D*.

Такимъ образомъ извѣстны три семейства радіоактивныхъ элементовъ: семейство радія, семейство актинія и семейство

торія. Въ каждомъ семействѣ мы знаемъ одну особую эманацію и большее или меньшее число членовъ, отличающихся различной долговѣчностью. Характерно и то, что члены разныхъ семействъ взаимно соотвѣтствуютъ другъ другу, какъ члены одной группы періодической системы Менделѣева. Нѣкоторые изъ этихъ новыхъ радіоактивныхъ элементовъ нашли опредѣленныя мѣста въ періодической системѣ; таковы эманація радія, радій, уранъ, торій, полоній. Но вмѣстить всѣхъ ихъ Менделѣевская схема не можетъ. И потому пока представляется цѣлесообразнымъ составить особую таблицу радіоактивныхъ элементовъ. Такую таблицу, предложенную въ прошломъ году Свинне, мы прилагаемъ здѣсь. Въ каждомъ вертикальномъ ряду элементы слѣдуютъ другъ за другомъ въ генетическомъ порядкѣ. Въ каждомъ же горизонтальномъ ряду помѣщены другъ возлѣ друга тѣ элементы, которые находятся между собой въ такомъ же родствѣ, какъ члены одной группы Менделѣевской системы. Мѣста, оставленныя пустыми, указываютъ, по мнѣнію автора таблицы, что существуютъ еще элементы, до сихъ поръ не открытые. Въ таблицѣ показаны, кромѣ того, родъ испускаемыхъ лучей и средняя долговѣчность элементовъ. Данныя взяты главнымъ образомъ изъ недавно опубликованнаго сочиненія г-жи Кюри «Radioactivité».

На примѣрѣ радія впервые доказана возможность превращенія однихъ элементовъ въ другіе. Осуществлена мечта, къ которой стремились алхимики въ продолженіе восьми столѣтій. Но какая пропасть отдѣляетъ дѣйствительную картину превращеній отъ тѣхъ смутныхъ представленій, которыя существовали въ воображеніи алхимиковъ! Для совершенія «трансмутаціи» элементовъ не требуется особаго «эликсира» или «философскаго камня». Превращеніе элементовъ совершается само собой безъ всякаго содѣйствія съ нашей стороны. Мало того, мы обречены на роль пассивныхъ зрителей этого страннаго процесса, котораго мы не можемъ направить по своему желанію. И, что̀ неожиданнѣе всего, превращеніе элементовъ, открывшееся намъ изъ явленій радіоактивности, не только не требуетъ отъ насъ никакой затраты энергіи, но, напротивъ, порожда-

ТАБЛИЦА РАДІОАКТИВНЫХЪ ВЕЩЕСТВЪ.

СЕМЬЯ УРАНА			СЕМЬЯ АКТИНІЯ			СЕМЬЯ ТОРІЯ		
	Лучи.	Долговѣчность.		Лучи.	Долговѣчность.		Лучи.	Долговѣчность.
Ураиъ	2α	9×10^9 лѣтъ						
						Торій	α	3×10^{10} лѣтъ
Радіоуранъ			Актиній			Мезоторій 1	β	7,9 лѣтъ
Уранъ-X 1	β	24,6 дн.				Мезоторій 2	β	8,9 час.
Уранъ-X 2	β,γ					Мезоторій 3	β,γ	
Іоній	α	30×10^3 лѣтъ	Радіоактиній	α,β	28,1 дн.	Радіоторій	α	2,9 года
Радій 1,2	α,β	2900 лѣтъ	Актиній-X	α	15 дн.	Торій-X 1	β	5,25 дн.
						Торій-X 2	α	
Эманація радія	α	5,5 дн.	Эманація актинія	α	5,6 сек.	Эманація торія	α	76 сек.
Радій A	α	4,3 мин.	Актиній A	α	52,1 мин.	Торій A	α	0,2 сек.
Радій B	β	38,5 мин.	Актиній B	β	3,1 мин.	Торій B	β	15 час.
Радій C 1	β	28,1 мин.						
Радій C 2	α							
Радій C 3	β,γ							
Радій D_1	β	21 лѣтъ						
Радій D_2	β							
Радій E_1 (?)								
Радій E_2	β	6,9 дн.						
Полоній	α	202 дн.	Актиній C	α		Торій C 1	α	79 мин.
						Торій C 2	α	
			Актиній D	β,γ	7,36 мин.	Торій D	β,γ	4,5 мин.

етъ само энергію, и притомъ въ такихъ громадныхъ количествахъ, которыя въ сотни тысячъ разъ превышаютъ количества энергіи, выдѣляемой при самыхъ энергичныхъ химическихъ процессахъ.

Содди въ своихъ интересныхъ лекціяхъ о радіи [1]) справедливо замѣчаетъ, что если мечтѣ алхимиковъ о полученіи золота суждено когда-нибудь сбыться путемъ распада атомовъ элементовъ, то цѣнность полученной такимъ образомъ матеріи будетъ ничтожна въ сравненіи съ тѣми неимовѣрными количествами энергіи, которыя должны выдѣлиться при этомъ процессѣ. Энергія элементарныхъ веществъ, освобожденная отъ заколдованнаго сна, въ который она погружена навѣки природой, заняла бы вскорѣ первое мѣсто въ народномъ хозяйствѣ. Въ сравненіи съ ея громаднымъ значеніемъ золото явилось бы лишь побочнымъ продуктомъ превращенія.

Скорость превращенія, постоянная для каждаго радіоактивнаго элемента въ отдѣльности, весьма неодинакова для различныхъ элементовъ. Нѣкоторые изъ нихъ, какъ эманація актинія, живутъ лишь нѣсколько секундъ; другіе же измѣняются столь медленно, что мы даже приблизительно не можемъ опредѣлить періода ихъ жизни. Долговѣчность урана и торія исчисляется милліардами лѣтъ; долговѣчность актинія несомнѣнно еще больше. Эти факты дѣлаютъ вѣроятнымъ предположеніе, что и иные элементы, радіоактивность которыхъ до сихъ поръ еще не обнаружена, тоже находятся въ состояніи медленнаго распада. Если мы предположимъ, что распаденіе другихъ элементовъ происходитъ гораздо медленнѣе, чѣмъ распаденіе урана, торія и актинія, то отсутствіе замѣтной радіоактивности въ этихъ элементахъ можно будетъ объяснить именно крайней медленностью процесса разложенія.

Предположеніе это нашло въ послѣднее время подтвержденіе въ открытіи радіоактивности нѣкоторыхъ металловъ. Кампбель и Вудъ установили фактъ радіоактивности солей калія, а Левинъ и Руэръ доказали, что соли рубидія отличаются радіоактивными свойствами въ еще большей мѣрѣ. Активность солей калія, правда, въ 1000 разъ слабѣе активности урана, но ея

---

[1]) Ср. стр. 304.

существованіе внѣ всякаго сомнѣнія. Нѣкоторая доля радіоактивности найдена Макъ-Леннаномъ и въ свинцѣ, цинкѣ, желѣзѣ и другихъ металлахъ, но она столь мала, что нельзя до сихъ поръ рѣшить, составляетъ ли она свойство этихъ элементовъ или же происходитъ отъ чрезвычайно ничтожныхъ примѣсей извѣстныхъ радіоактивныхъ веществъ, которыхъ мы не можемъ ни отдѣлить, ни обнаружить какимъ-нибудь другимъ методомъ.

Пока мы въ правѣ присоединить къ числу радіоактивныхъ элементовъ калій и рубидій. Рѣшеніе же вопроса, составляетъ ли радіоактивность общее свойство матеріи и возможна ли трансмутація и другихъ элементовъ, приходится предоставить будущему. Мы должны при оцѣнкѣ опытовъ, направленныхъ къ рѣшенію этихъ вопросовъ, имѣть постоянно въ виду, что экспериментаторъ въ своихъ изслѣдованіяхъ имѣетъ дѣло съ такими ничтожными количествами веществъ, о которыхъ трудно даже составить себѣ понятіе. Частыя ошибки и разочарованія здѣсь неизбѣжны.

Два года тому назадъ Рамзай и Камеронъ опубликовали работу о превращеніи натрія и мѣди въ неонъ и литій. Однако М. Кюри совмѣство съ г-жей Гледичъ тщетно пытались добиться этого же результата; онѣ полагаютъ, что литій въ опытахъ Рамзая происходилъ изъ стекла сосудовъ, въ которыхъ производились опыты, а неонъ—изъ воздуха. Несмотря на это, Рамзай продолжаетъ свои опыты трансмутаціи; въ послѣднее время онъ вмѣстѣ съ Греемъ нашелъ въ продуктахъ распада торія углекислый газъ. Такъ какъ эти изслѣдованія еще не окончены, то они выходятъ изъ рамокъ нашего историческаго очерка. Но они доказываютъ во всякомъ случаѣ, что вѣковыя загадки, считавшіяся неразрѣшимыми, воскресаютъ въ наукѣ, и что въ настоящій моментъ надъ ихъ разрѣшеніемъ работаютъ корифеи науки.

Какъ бы тамъ ни было, даже то, что намъ уже и теперь съ достовѣрностью извѣстно о радіи, доказываетъ, что мы имѣемъ дѣло съ фактами необычайной важности. Ибо колоссальныя количества энергіи, излучаемыя радіемъ, не могутъ оставаться безъ вліянія на равновѣсіе теплоты не только на землѣ, но и на другихъ космическихъ тѣлахъ.

До сихъ поръ считалось несомнѣннымъ фактомъ, что температура земли, находившейся нѣкогда въ огненножидкомъ состояніи, непрерывно падаетъ. Физики вычислили, что наша планета теряетъ каждую секунду 76 билліоновъ калорій. Но съ тѣхъ поръ, какъ стало извѣстно, что радій выдѣляетъ теплоту, найденъ былъ тѣмъ самымъ новый источникъ, способный компенсировать эту потерю теплоты. Можно вычислить, что если въ каждомъ кубическомъ метрѣ массы земнаго шара содержатся только двѣ десятимилліонныя части одного грамма радія, то этого количества достаточно для того, чтобы покрыть всю убыль тепла на землѣ. Въ дѣйствительности же земная кора содержитъ, по вычисленію Стретта, примѣрно въ 20 разъ большее количество радія. А такъ какъ, кромѣ того, въ землѣ содержится въ значительныхъ количествахъ и торій, то слѣдовало бы заключить, что температура земли должна постоянно возрастать, если бы радій былъ равномѣрно распредѣленъ во всей массѣ земли. Но о составѣ ядра земли мы ничего почти не знаемъ, и потому вышеприведенные расчеты не могутъ быть точны, и мы должны пока довольствоваться лишь качественными данными.

Радій несомнѣнно играетъ важную роль и въ тепловыхъ явленіяхъ на солнцѣ. Правда, до сихъ поръ посредствомъ спектроскопа, того чудеснаго прибора, который позволяетъ намъ узнавать химическій составъ самыхъ отдаленныхъ небесныхъ свѣтилъ, не удалось еще доказать присутствія радія въ солнцѣ. Но возможно, что радій находится въ солнечномъ ядрѣ и поэтому недоступенъ для наблюденія. Зато на возможность радіоактивныхъ превращеній въ массѣ солнца указываетъ присутствіе въ немъ гелія, который, какъ мы знаемъ, открытъ былъ на солнцѣ на полвѣка раньше, чѣмъ на землѣ (см. стр. 272). Мы знаемъ также, что гелій является продуктомъ большинства радіоактивныхъ превращеній, и если мы допустимъ, что эти превращенія дѣйствительно происходятъ на солнцѣ, то мы найдемъ въ нихъ объясненіе нерѣшенной до сихъ поръ загадки: изъ какого источника солнце пополняетъ постоянную потерю тѣхъ громадныхъ количествъ тепла, которыя оно безпрестанно излучаетъ въ междупланетное пространство?

Что эта постоянная убыль должна откуда-то пополняться,

не подлежитъ сомнѣнію съ тѣхъ поръ, какъ изслѣдователи (Ланглей) на основаніи точныхъ болометрическихъ измѣреній вычислили, что, не будь источника для пополненія этой убыли, солнце должно было бы испытывать замѣтную потерю лучеиспускательной способности, чего, однако, въ дѣйствительности совсѣмъ не наблюдается. До сихъ поръ существовали только двѣ гипотезы для объясненія этого факта. По одной гипотезѣ теплота образуется отъ постояннаго сокращенія солнечнаго шара, которое является слѣдствіемъ его охлажденія. Другая же усматриваетъ источникъ тепла въ кинетической энергіи безчисленныхъ метеоритовъ, постоянно падающихъ на солнце. Въ послѣднее время была предложена еще и третья гипотеза, по которой источникомъ тепла является энергія радіоактивныхъ превращеній. Термодинамика учитъ, что тѣ именно вещества, разрушеніе которыхъ сопровождается выдѣленіемъ значительныхъ количествъ тепла, какъ, напримѣръ, ацетиленъ, должны быть тѣмъ устойчивѣе, чѣмъ выше температура. Такъ какъ температура солнца превышаетъ вдвое самыя высокія температуры, какія мы можемъ получить на землѣ, — она, вѣроятно, заключается между 6000° и 7000° — то можно допустить, что при столь высокой температурѣ наступаетъ равновѣсіе между радіоактивными веществами и продуктами ихъ постепеннаго распада. Малѣйшее пониженіе температуры, вызванное излученіемъ тепла, ведетъ къ нарушенію этого равновѣсія, которое съ своей стороны, сопровождается выдѣленіемъ теплоты, и такимъ образомъ потерянная теплота возмѣщается. Конечно, нельзя отрицать, что, помимо радіоактивныхъ процессовъ, въ массѣ солнца при температурѣ 6000° — 7000° могутъ происходить еще и другія экзотермическія реакціи, о которыхъ мы здѣсь, на землѣ, не имѣемъ понятія.

Что касается, наконецъ, утилизаціи радія, то этому препятствуетъ пока чрезвычайная рѣдкость этого элемента на землѣ. О значеніи радія въ медицинѣ мы уже говорили выше; примѣненіе же его въ техникѣ пока еще не представляетъ интереса вслѣдствіе того, что превращеніе радія происходитъ слишкомъ медленно и не поддается пока нашему воздѣйствію. Если, однако, мы хотя на одно мгновеніе понесемся на крыльяхъ фантазіи и допустимъ, что намъ когда-нибудь удастся покорить своей волѣ

радіоактивность, мы согласимся, что этотъ новый источникъ энергіи вызоветъ переворотъ, въ сравненіи съ которымъ примѣненія пара и электричества покажутся дѣтскими игрушками. Человѣчество избавилось бы отъ рокового конца, грозящаго техникѣ вслѣдствіе постоянной убыли угля и другихъ источниковъ энергіи. Болѣе того, человѣчество могло бы взяться за осуществленіе такихъ задачъ, о которыхъ мы пока не смѣемъ даже мечтать. Тогда поистинѣ насталъ бы «золотой вѣкъ»!

Судьба великихъ людей бываетъ иногда жестока, и въ своей жестокости доходитъ прямо до издѣвательства. Въ половинѣ апрѣля 1906 года въ газетѣ появилась слѣдующая репортерская замѣтка:

«Г. Кюри, выйдя сегодя въ 2 часа пополудни отъ одного изъ своихъ товарищей и спѣша къ издателю, хотѣлъ вблизи Pont-neuf перейти rue Dauphine, которая въ этомъ мѣстѣ крута, а послѣ дождя вдобавокъ скользка. Такъ какъ въ этотъ моментъ съ разныхъ сторонъ приближались возы, то г. Кюри пустился бѣгомъ, но поскользнулся и упалъ передъ ломовымъ возомъ. Извозчикъ не успѣлъ задержать воза на крутой дорогѣ, и Кюри погибъ подъ колесами».

Такимъ образомъ, ужасный, безсмысленный случай въ одно мгновенье разрушилъ одного изъ величайшихъ современныхъ геніевъ, какъ бы желая показать намъ, сколь мало значитъ мысль въ борьбѣ съ тысячей слѣпыхъ силъ, которыя несутся неизвѣстно откуда, истребляя все на своемъ пути.

А его спутница жизни и трудовъ, покрывшая славой не только себя, но и свою родину? Позвольте мнѣ привести безпристрастное мнѣніе французскаго академика Пуанкаре.

«Вспоминая заслуги Кюри, мы не можемъ отдѣлить ихъ въ мысли отъ этой достойной удивленія женщины, которая была для него не только преданной подругой, но и неоцѣнимой сотрудницей. Сколько терпѣнія и труда требовали изслѣдованія этихъ безконечно малыхъ количествъ матеріи, разсѣянныхъ и совершенно затерянныхъ въ огромныхъ массахъ другихъ тѣлъ! Сколько требовалось безустаннаго вниманія, чтобы не потерять изъ виду этихъ едва замѣтныхъ слѣдовъ, чтобы ихъ сконцен-

трировать безъ потери, чтобы собрать изъ нихъ нѣсколько грановъ драгоцѣннаго порошка! Эта совмѣстная работа, въ которой такъ счастливо соединились прирожденныя способности мужчины и женщины, не ограничивалась исключительно обмѣномъ мыслей; она состояла прежде всего въ обмѣнѣ энергіи, во взаимномъ ободреніи во всякихъ разочарованіяхъ, какія неизбѣжны для открывающихъ новые пути. Эта моральная поддержка неоцѣнима, и нѣтъ такихъ вѣсовъ, которыми ее можно было бы взвѣсить».

ИСТОЧНИКИ.

Н. Морозовъ. Д. И. Менделѣевъ. Двѣ лекціи. Петербургъ, 1907.

P. Walden. D. I. Mendelejew. Chem. Ztg. t. 31. (1907).

W. Ramsay. Einige Betrachtungen über das periodische System. Leipzig, 1093.

W. Ramsay. Über die neuerdings entdeckten Gase und ihre Beziehung zum periodischen Gesetze. Ber. deutsch. chem. Ges. 31, 3111. (1898).

W. Ramsay. Biographical and chemical Essays. London.

W. K. Röntgen O nowym rodzaju promieni, z oryginalu przelozyl S. Srebrny. Варшава, 1896.

M-me Sklodowska-Curie. Recherches sur les substances radioactives. Paris, 1904.

K. Hoffman. Die radioaktiven Stoffe nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen Erkenntniss. Leipzig, 1904.

Fr. Soddy. Entwickelung der Materie. Leipzig, 1904.

N. Poincaré. Allocution de M. le Président à la séance publique annuelle de l'Académie des sciences. Paris. Comptes rendus de l'Acad. 142 и 143 (1906).

E. Rutherford. Radioactivity. Cambridge, 1904.

Villiam Hammer. Radium and other radioactive substances. New-Iork-London, 1903.

M-me Curie. Radioactivité. Paris, 1910.

Б. Н. Меншуткинъ. Жизнь Н. А. Меншуткина. С.-Петербургъ.

Содди. Радій и его разгадка. Перев. подъ ред. прив.-доц. Д. Д. Хмырова. Одесса, 1910. Изданіе „Матезисъ".

В. Е. Тищенко. Дм. Ив. Менделѣевъ. Журн. Русск. Физико-Хим. Общ. т. 41, (1909).

London. E. E. Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig, 1911.

Залькиндъ. Обзоръ работъ по радіоактивности. Журналъ Русск. Физ.-Химич. Общества. Отдѣлъ II, начиная съ 1900 г.

ЗАКЛЮЧЕНІЕ.

Мм. Гг.

Вотъ мы и у конца! Нашу экскурсію мы можемъ сравнить съ лѣтней прогулкой въ горы. Сначала мы поднимались по предгорьямъ. Удобные пути, невысокія горы—таково было начало нашей прогулки. Отовсюду, съ каждаго мѣста пути, мы легко могли обозрѣвать всю окрестность. Но чѣмъ дальше мы углублялись въ горы, тѣмъ болѣе многочисленной массой окружали насъ высокія горныя вершины. Темныя бездны глядѣли на насъ справа и слѣва, а пути становились все круче и труднѣе. Едва удавалось намъ достигнуть вершины одной горы, какъ предъ нами открывался видъ на новыя горы, еще болѣе высокія и еще круче вздымающіяся къ небесамъ. Нами овладѣвало чувство сомнѣнія, соединеннаго съ удивленіемъ: «Какъ велика, какъ необъятна природа! Сколь малымъ кажется человѣкъ, желающій ее постигнуть!»

Но не слѣдуетъ все-таки предаваться сомнѣніямъ. Туристъ, имѣющій въ своемъ распоряженіи строго ограниченное время, прекрасно знаетъ, что не сумѣетъ пройти всего края отъ конца до конца. Онъ долженъ сдѣлать выборъ, долженъ ограничиться нѣсколькими прекрасными видами, и воображеніе поможетъ ему нарисовать картину цѣлаго. Такъ и мы въ короткій промежутокъ времени могли посѣтить лишь нѣсколько пунктовъ нашей науки, разсмотрѣть лишь нѣкоторые виды. Цѣлое недоступно даже для спеціалиста. Но я думаю, что и тѣ нѣсколько видовъ, которые мы успѣли осмотрѣть, вполнѣ вознаградили насъ за трудъ.

Когда большое общество отправляется въ продолжительную экскурсію, то обыкновенно, по мѣрѣ увеличенія трудностей пути,

нѣкоторые участники отстаютъ и возвращаются, и, наконецъ отъ всего общества остается лишь небольшой кружокъ. Но тѣмъ выше цѣнитъ руководитель настойчивость тѣхъ, которые сумѣли достигнуть цѣли путешествія. Онъ чувствуетъ признательность къ тѣмъ, которые оказали ему довѣріе до конца, онъ благодаренъ имъ за понесенные труды.

Спасибо и Вамъ, Милостивые Государи, за то, что Вы не оставили меня своимъ вниманіемъ до конца нашего пути!

Когда я приступалъ къ чтенію этихъ лекцій, многіе спрашивали меня, какую онѣ преслѣдуютъ цѣль.

— «Будетъ ли это наука или развлеченіе?».

— «Исключительно развлеченіе!» отвѣчалъ я тогда.

И развѣ дурно желать развлеченія? Развѣ унизительно оказывать ближнимъ содѣйствіе въ этомъ отношеніи?

Развѣ музыка, поэзія, театръ,—всесильное божественное Искусство,—развѣ это все не игра? Да, но игра, которая поднимаетъ человѣка къ небесамъ!

Наука тоже есть своего рода искусство. Если она кажется намъ менѣе доступной, чѣмъ другіе виды искусства, то исключительно потому, что въ ней форма сравнительно съ содержаніемъ играла второстепенную роль.

Когда я въ свое время прислушивался къ звукамъ оркестра Лейпцигскаго Gewandhaus'a, лозунгъ котораго «Res severa verum gaudium» (истинное удовольствіе есть серьезное дѣло)—я видѣлъ, какъ весь залъ отдался капельмейстеру, который своей магической палочкой извлекалъ чудные звуки изъ сотни инструментовъ. Всѣ глаза были устремлены на него, уши поглощали его звуки, и всѣ чувства сливались въ одно мощное чувство, созданное этимъ маэстро...

Мнѣ казалось тогда, что идеальная научная лекція тоже должна производить такое впечатлѣніе.

Это—идеалъ, неосуществимая мечта, цѣль, къ которой можно стремиться, но которой невозможно достигнуть.

Однако, въ теченіе этихъ часовъ, которые мы провели здѣсь вмѣстѣ, я иногда замѣчалъ, какъ ваше вниманіе, Мм. Гг., было посвящено мнѣ исключительно. Я видѣлъ ясно, что предметъ этого

искусства, которое я старался по мѣрѣ своихъ силъ воспроизвести здѣсь передъ вами, иногда васъ поглощалъ. Я встрѣчалъ не одинъ блестящій взоръ, выражавшій духовный подъемъ и наслажденіе истиной. И поэтому я смѣю надѣяться, что эти часы были не только часами забавы, но что они также заронили въ Вашей душѣ зерно познанія природы.