

А К А Д Е М И Я Н А У К С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ
ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

Доктор биол. наук *Л. Я. Бляхер*,
доктор физ.-мат. наук *А. Т. Григорьян*,
доктор диз.-мат. наук *Я. Г. Дорфман*, академик *Б. М. Кедров*,
доктор эконом. наук *Б. Г. Кузнецов*, доктор хим. наук *В. И. Кузнецов*,
доктор биол. наук *А. И. Купцов*, канд. истор. наук *Б. В. Левшин*,
член-корр. АН СССР *С. Р. Микулинский*,
доктор истор. наук *Д. В. Ознобишин*,
доктор физ.-мат. наук *И. Б. Погребысский*,
канд. техн. наук *З. К. Соколовская* (ученый секретарь),
канд. техн. наук *В. Н. Сокольский*, доктор хим. наук *Ю. И. Соловьев*,
канд. техн. наук *А. С. Федоров* (зам. председателя),
канд. техн. наук *И. А. Федосеев*,
доктор хим. наук *Н. А. Фигуровский* (зам. председателя),
доктор техн. наук *А. А. Чеканов*,
доктор техн. наук *С. В. Шухардин*,
доктор физ.-мат. наук *А. П. Юшкевич*,
академик *А. Л. Яншин* (председатель),
доктор пед. наук *М. Г. Ярошевский*

Ю. И. Соловьев, Л. П. Петров

**Вильям
РАМЗАЙ**

1852—1916



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1971

Вильям Рамзай (1852—1916). Соловьев Ю. И., Петров Л. П. Изд-во «Наука», 1971 г., стр. 240.

Первая на русском языке научная биография знаменитого английского ученого. Авторы помимо литературных источников привлекли материалы, хранящиеся в различных английских архивах. Это придает их работе характер научного исследования, хотя изложение остается обычным для научно-биографической серии — достаточно живым и доступным.

Главы книги посвящены жизни ученого, анализу его научного творчества, общественной и педагогической деятельности. Подробно рассмотрены работы Рамзая по открытию и изучению благородных газов, принесшие ему мировую известность. Специальная глава посвящена участию Рамзая в изучении явлений радиоактивности. Широко освещены контакты Рамзая с другими учеными, многолетнее сотрудничество с Рэлеем, встречи с Менделеевым и т. д. Отрывки из переписки Рамзая с друзьями помогают воссоздать живой и яркий образ ученого.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

От авторов

Жизнь выдающегося человека, оставившего свой индивидуальный почерк на страницах истории человеческого познания, всегда интересна и поучительна. У творцов науки, впитавших в себя опыт прошлых поколений, проявляется наивысшая для своего времени концентрация умственной энергии, разряд которой ярко освещает ранее неразгаданное. По-разному оцениваются звезды на научном небосводе: об одних начинают говорить сразу же после того, как они появляются, свет других замечается много лет спустя. Редко современники, чаще потомки воздают благодарность тем, кто титанической работой мысли проник в неизвестное и тем самым еще больше возвысил человека в его стремлении познать и подчинить себе окружающий мир. Каждый из тех, кто помог людям шагнуть вперед, представляет собой неповторимую историческую личность.

Чтобы нарисовать портрет такого героя, требуется большой набор красок. Ведь надо создать живой облик ученого, раскрыть динамику его творчества, дать характеристику состояния науки его времени. Перед биографом, таким образом, стоит сложная задача создать не холодное мраморное изваяние, а полнокровный портрет ученого-человека.

«Наука,— писал в свое время Э. Фишер,— не представляет собой ничего абстрактного, как продукт

человеческой работы, она в своем развитии тесно связана с своеобразием и судьбой тех лиц, которые ей посвящают себя» (*В. Герц*. Очерк истории развития основных воззрений химии. Л., 1924, стр. 6).

Вниманию читателя предлагается книга о жизни и деятельности выдающегося английского химика Вильяма Рамзая, с именем которого связаны крупные научные открытия. Важнейшим из них несомненно следует считать открытие благородных газов — научный подвиг, за который Рамзаю в 1904 г. была присуждена Нобелевская премия. Рамзай, по выражению Д. И. Менделеева, был одним из укрепителей периодического закона химических элементов. Широко известны также выдающиеся работы Рамзая по изучению радиоактивности. Одним из результатов его исследований в этой области явилось экспериментальное доказательство самопроизвольного превращения эманации радия в гелий. Следует также упомянуть цикл физико-химических исследований, проводившихся Рамзаем, в частности, по изучению фазовых равновесий, а также по изучению свойств и молекулярного строения жидкостей.

«Наука,— говорил В. Рамзай,— не знает конца, и то, что сегодня представляет собой лишь научный курьез, может завтра составить существенную часть важной отрасли промышленности» (*У. Рамсей — В. Оствальд*. Из истории химии. СПб., 1909, стр. 62).

Ознакомившись с предложением Рамзая (1911 г.) осуществлять подземную газификацию каменного угля, В. И. Ленин писал, что «всемирно знаменитый английский химик Вильям Рамсей открыл способ непосредственного добывания газа из каменноугольных пластов... Одна из великих задач современной техники близится, таким образом, к разрешению» (*В. И. Ленин*. Полн. собр. соч., т. 23, стр. 93).

В одном из своих выступлений Рамзай говорил: «Разрешение загадок обладает для многих людей боль-

шой притягательной силой. Природа окружает нас загадками, и попытки решения их принадлежат к величайшим радостям жизни» (*У. Рамсей — В. Оствальд. Популярно-научные очерки. Пг., 1920, стр. 93*).

Вся жизнь ученого была посвящена науке, решению «загадок природы». Многие из них ему удалось решить и тем самым внести в сокровищницу человеческих знаний свой существенный вклад.

В Англии о жизни и деятельности Вильяма Рамзая написано несколько книг. Первая из них появилась в 1918 г. и принадлежала перу известного английского химика В. Тилдена (*W. Tielden. Sir William Ramsay. Memorials of His Life and Work. London, 1918*).

В 1928 г. ученик и ближайший сотрудник Рамзая М. Траверс опубликовал книгу «Открытие редких газов» (*M. Travers. The Discovery of the Rare Gases. London, 1928*), в которой впервые воспроизвел чертежи и описание аппаратов, с помощью которых были открыты благородные газы. В последующие годы Траверс провел большую работу по собиранию и систематизации материалов, касающихся жизни и деятельности Рамзая. Они составляют шестнадцать объемистых томов. На основе изучения этого материала Траверс написал подробную биографию В. Рамзая, опубликованную в Лондоне в 1956 г. (*M. W. Travers. A Life of sir William Ramsay. London, 1956*).

В нашей историко-научной литературе опубликовано только несколько статей, посвященных главным образом открытию Рамзаем благородных газов.

Предлагаемая вниманию читателей книга — первая на русском языке научная биография знаменитого английского ученого. В книге использованы не только печатные источники, но и архивные материалы Рамзая, хранящиеся в Университетском колледже Лондона, а также документы из архива Д. И. Менделеева.

В последние годы открытые Рамзаем благородные

газы вновь привлекли к себе пристальное внимание ученых. Причина тому — возникновение и бурное развитие химии благородных газов. Авторы поэтому не ограничивались лишь непосредственным жизнеописанием Рамзая, но и попытались в третьей главе рассмотреть дальнейшую судьбу его открытий. Представлялось интересным проследить все возрастающее использование аргона и его аналогов в науке и промышленности.

Авторы приносят глубокую благодарность директору библиотеки Университетского колледжа Лондона г-ну Скотту и всем сотрудникам библиотеки за любезное разрешение использовать архивные документы в нашей книге, преподавателю университета доктору В. Смитону и научному сотруднику Лондонского музея истории науки Ф. Гриневей за оказанное ими содействие и ценные советы.

Жизнь

Детство. Юношеские годы

Родина Вильяма Рамзая — Шотландия, история которой полна драматических событий борьбы за независимость, внутренних раздоров за престол, кровавых столкновений между различными религиозными партиями.

По свидетельству Г. Бокля — автора известной «Истории цивилизации в Англии», — «нет ни одной протестантской страны, нет даже ни одной страны католической, кроме Испании, где бы человеку, держащемуся образа мыслей, несогласного с учением установленной церкви, приходилось платить за это столькими неприятностями и неудобствами в жизни, как в Шотландии» [1, стр. 710]. Рассматривая историю умственного движения в Шотландии в XVIII в., Бокль подчеркнул, что «та отвага, которая в семнадцатом столетии применялась и к практической жизни, в восемнадцатом веке была перенесена в область отвлеченного мышления и произвела литературу, стремившуюся пошатнуть прежние понятия и снести старые межи человеческого ума. Движение было революционным и стало в такое же отношение к церковной тирании, в каком предшествовавшее движение было к тирании политической» [1, стр. 500].

Английская буржуазная революция середины XVII в. и промышленный переворот в Англии в XVIII в. во многом определили судьбу Шотландии, окончательно присоединенную к тому времени к Англии. Под непосредственным воздействием этих революционных событий развивалась экономика и культура Шотландии не только в XVIII в., но и в начале XIX в. На исторической сцене Шотландии появились новые действующие лица, для

которых торговые и промышленные интересы были выше всего.

В середине XVIII в. Шотландия начала обширную торговлю с английскими колониями в Америке, которые стали емким рынком сбыта для мануфактурных изделий. Увеличение спроса на эти изделия сильно содействовало дальнейшему развитию шотландской промышленности и красильные производства. В 1755 г. в Эдинбурге учреждается общество для поощрения и улучшения ремесел и мануфактур. Промышленный взлет в значительной мере содействовал и росту культуры.

Научные традиции в Англии во многом сложились и определялись под влиянием раннего развития капитализма и расцвета британской экономики. Практицизм деловой жизни становится и нормой научного мышления. Английский философ второй половины XIX в. Г. Спенсер эту тенденцию выразил следующим образом: «Желание обладать практической наукой, которая могла бы служить потребностям жизни, таково, что увлечение научными исследованиями, не имеющими непосредственно применения, кажется смешным» [2, стр. 92].

Шотландия дала немало выдающихся деятелей науки и литературы. Широко известны имена шотландца-философа Д. Юма и Адама Смита — одного из основателей классической английской политической экономики. Всемирное признание получило творчество шотландского народного поэта XVIII в. Роберта Бернса.

Из ученых-естествоиспытателей следует прежде всего назвать знаменитого шотландского химика XVIII в. Джозефа Блэка и его друга — изобретателя паровой машины Джеймса Уатта¹. Основные научные открытия Д. Блэка относятся к 1756—1767 гг., когда он был профессором университета в Глазго.

Глазго — основной промышленный центр и порт Шотландии. Выгодное географическое положение города, близость разрабатываемых месторождений угля и же-

¹ Вильям Рамзай указывал, что «воззрениями Блэка (о скрытой теплоте пара.— Ю. С., Л. П.) друг его, Джеймс Уатт, воспользовался для конструкции конденсатора, который, как известно, произвел целую революцию в постройке паровых машин и тем самым во всей нашей промышленной и социальной жизни» [3, стр. 137].

леза способствовали быстрому превращению его в один из наиболее оживленных промышленных центров Европы. В Глазго бросали якоря корабли различных стран; отсюда вывозились товары, изготовленные искусными руками шотландских и английских рабочих.

В 1785 г. в Глазго приехал В. Рамзай — дед Вильяма Рамзая — энергичный человек, с широким кругозором. Как химик-практик он стал работать в одной из фирм, изготавливавших древесный спирт, турнбулеву синь (разновидность прусской лазури) и другие химические продукты для красильщиков. По его предложению, фирма начала производить двуххромовокислый калий. «Я полагаю,— писал В. Рамзай,— что он и открыл это вещество после того, как Вокелен добыл желтую хромокалиевую соль» [3, стр. 6].

В 1798 г. дед Рамзая основал в Глазго химическое общество и был избран его президентом². Среди его коллег и друзей было немало известных химиков. В доме Рамзая часто бывал профессор университета в Глазго ученик Д. Блэка Томас Томсон (1773—1852 гг.) — автор известного учебника химии³ и один из первых английских историков химии⁴. Его ученик Томас Грэм (1805—1869 гг.)⁵ — впоследствии выдающийся английский ученый, один из основателей коллоидной химии — был близким другом семьи Рамзаев.

«Мой дед,— писал Рамзай,— находился в переписке

² В 1796 г. в Глазго был открыт Королевский технический колледж — первое высшее техническое учебное заведение Великобритании.

³ *T. Thomson. A System of Chemistry of Inorganic Bodies. 3 ed. Edinburgh, 1807.* В этом учебнике излагались основы атомистической теории Д. Дальтона еще до того, как она была опубликована самим автором.

⁴ Т. Томсон написал историю химии, доведенную до 1820-х годов. См. *T. Thomson. The History of Chemistry, v. 1—2. London, 1830—1831.*

⁵ Томас Грэм родился в Глазго 20 декабря 1805 г. Получил образование в университете Глазго. Сын богатого английского промышленника. С 1830 по 1837 г. был профессором химии в институте Андерсона (Эдинбург), с 1837 по 1855 г. — профессор химии университетского колледжа, с 1855 по 1869 г. — управляющий Монетного двора Англии. В 1836 г. был избран членом Королевского общества. Грэм является одним из основателей и первым президентом Лондонского химического общества и Общества Кавендиша.

со многими известными химиками Франции... Гей-Люссак, путешествуя по Шотландии и проезжая через Глазго, останавливался в его доме» [3, стр. 7].

В 1809 г., будучи уже пожилым человеком, дед Рамзая женился на своей двоюродной сестре Елизавете, дочери известного в то время эдинбургского писателя Кромби. Семья Кромби, подобно семье Рамзая, была на протяжении ряда поколений тесно связана с промышленностью красителей. Елизавета Кромби — незаурядная женщина; в кругах промышленников она пользовалась большим уважением. Среди ее друзей были такие выдающиеся ученые того времени, как Либих, Гей-Люссак, Томас Грэм, которые питали к Елизавете теплую привязанность.

Дед Рамзая скончался в 1827 г., оставив четырех детей, — Элизу, родившуюся в 1810 г., Вильяма (отца ученого), родившегося в 1811 г., Андрея 1814-го года рождения и Джона ⁶ 1816-го года рождения.

Отец Вильяма Рамзая не пошел по стопам деда и выбрал себе специальность инженера железнодорожного транспорта. Помимо этого он получил широкое естественнонаучное образование в университете Глазго, где одним из его преподавателей был Джеймс Томсон — профессор математики — отец знаменитого физика Вильяма Томсона (лорда Кельвина). «Я прекрасно помню, — вспоминал Рамзай — рассказы моего отца о добродушии и юморе профессора Томсона» [3, стр. 140].

Отец Вильяма Рамзая активно интересовался математикой, геологией. Он был одним из первых подписчиков на журнал «Nature», основанный Дж. Н. Локьером в 1869 г., регулярно просматривал периодическую литературу по геологии и следил за публикациями своего брата Андрея, который стал профессором геологии Лондонского университета.

В 1851 г. Вильям Рамзай (отец ученого) познакомился с Катериной Робертсон — дочерью известного эдинбургского врача.

⁶ Джон Рамзай стал владельцем сахарной плантации в Британской Гвиане (на р. Демерара), где им были построены завод и лаборатория, оборудованные наиболее современной по тому времени аппаратурой и приборами. Он рано умер, оставив библиотеку и лабораторные приборы семье Вильяма Рамзая.



Семья Рамзай (1860 г.)

После безвременной смерти своего отца Катерина Робертсон поступила гувернанткой в семью шотландского промышленника Аллана Буханан, который был женат на племяннице бабушки Вильяма Рамзая мисс Кромби. Именно здесь впервые встретились и полюбили друг друга отец Вильяма Рамзая и Катерина Робертсон. Тилден⁷, описывая жизнь Рамзая, предположил, «что

⁷ Вильям Огест Тилден (1842—1926 гг.) — выдающийся английский ученый, успешно работавший в области органической и физической химии. Известен как организатор науки и высшей школы, а также как пионер в изучении терпенов и синтетического каучука. В 1903 г. был избран президентом Лондонского химического общества. Он — автор ряда книг по истории химии. *W. A. Tilden. A Short History of the Progress of Scientific Chemistry. London, 1899; Chemical Discovery and Invention in the Twentieth Century. London, 1916; 2-е изд. — 1936.*

Рамзай и Робертсон стали близки друг другу также и потому, что их судьбы были очень похожи: каждому из них в раннем возрасте пришлось зарабатывать на жизнь нелегким трудом... Обстоятельства сложились так, что они смогли жениться только в 1851 году, когда каждому из них было около сорока лет. Однако, казалось, не существовало более счастливой супружеской пары» [4, стр. 9].

2 октября 1852 г. у К. Робертсон и В. Рамзая родился сын, которого они называли Вильямом.

До десятилетнего возраста мальчик посещал подготовительную школу, где изучал английский, латинский и французский языки и арифметику. Учился он не очень прилежно и приносил иногда неудовлетворительные отметки. Игра в футбол куда больше привлекала его, чем зубрежка латыни. С раннего детства он увлекался музыкой и в подготовительной школе быстрее других учеников научился читать с листа. Дома он чаще всего проводил время с матерью, которую нежно любил и почитал. Своего единственного сына она воспитала в строгих правилах.

Рамзай всю жизнь сохранял глубокую привязанность к своей матери. В письме к В. Оствальду в 1891 г., сообщая о ее смерти, Рамзай писал: «За всю мою жизнь я не встретил никого, к кому отнесся бы с большим уважением. Любить — естественно для сына, но для того чтобы почитать, необходимо по меньшей мере понимание» [5, стр. 5].

Интересны воспоминания о детстве Рамзая известного английского химика М. М. Паттисона-Мюира: «Я едва ли могу вспомнить время, когда бы не знал Рамзая. Оглядываясь назад, я вижу маленького мальчика, сидящего со своими родителями в церкви святого Матвея в Глазго. Во время длинных проповедей священника я обычно интересовался, что делает маленький мальчик. Мне казалось, что он читает библию. Только много лет спустя Рамзай сказал мне, что он изучал французский и немецкий языки. Для этого он брал в карман французскую и немецкую библии и во время проповедей читал их. Таким образом, для перевода ему не требовался словарь: он был под рукой в виде библии на английском языке» [5, стр. 5]. Но, пожалуй, наиболее яркую характеристику маленького Рамзая оставила мисс Мак

Винар, краткие воспоминания которой были сравнительно недавно обнаружены среди бумаг жены Рамзая: «Маленький Вильям не проявил большого интереса к играм, которые обычны для сверстников его возраста. Многие его развлечения уже тогда были отмечены исследовательской жилкой. Независимо от характера игры — будь это игрушечные кораблики или строительство дома из кирпичей, Рамзай всегда имел собственный план, который упорно стремился выполнить. Он очень любил животных, к которым относился с необыкновенной лаской и добротой.

Уже в детстве Рамзай научился хорошо разбираться в характерах людей и выбирать друзей. Школьному сверстнику его не сулило ничего хорошего, если Вильям не мог составить о нем сколько-нибудь определенного суждения» [5, стр. 4].

Один из близких друзей Рамзая Генри Файф вспоминает: «Насколько я могу вспомнить, Рамзай не принимал какого-либо участия в классных играх и, по-видимому, не был отмечен какими-либо наградами. Дело в том, что он был на два года моложе своих школьных товарищей. В то же время по росту Рамзай несколько от них не отставал и даже был несколько выше среднего роста» [5, стр. 6].

В доме отца имелась богатая библиотека, принадлежавшая его брату Джону Рамзаю, которой разрешалось мальчику широко пользоваться. С ранних лет книга стала его умным другом и раскрыла ему широкий мир. Из художественной литературы в детстве он очень любил «Сказки братьев Гримм». Позже его увлекли классические произведения Горация, Шекспира, яркие стихи Беранже. Отец, увлекавшийся геологией и биологией, всегда был рад поговорить с сыном на естественнонаучные темы, часто читал ему отрывки из книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора».

Вильям продолжил свое образование в Глазго, сначала в Академии⁸, в которой учился до мая 1866 г., а затем в университете, куда поступил в октябре того же года. Университетский курс заключался в изучении латинского и греческого языков, логики, математики и философии. Вспоминая свои университетские годы, он

⁸ Академия в Шотландии соответствовала нашей средней школе.

писал: «В то время я читал довольно много классиков, однако, несмотря на свободное владение латинским языком, почти ничего не удержалось в моей памяти, кроме, пожалуй, одной из од Горация. Фактически большую часть времени я уделял изучению английской литературы, и именно в университете я прочитал основные произведения Шекспира, Мильтона, Вордсворта, Теннисона и других английских классиков» [5, стр. 6].

Рамзай имел довольно слабые познания по математике и не продвинулся дальше элементарной алгебры и геометрии. В этом возрасте проявился его первый интерес к химии, но возник он не в университете, а дома. На его увлечение химией повлияло окружение и традиции, сложившиеся в семье, члены которой интересовались или занимались той или иной областью науки. Любопытно в связи с этим, что несмотря на несомненные способности и увлечение отца Рамзая математикой, эта наука практически оказалась исключенной из предметов, изучавшихся Рамзаем.

Как же возник у мальчика интерес к химии?

«Я имел несчастье,— вспоминал Рамзай,— сломать себе ногу при игре в футбол. Когда я стал выздоравливать, я читал химию Грэма⁹, главным образом — я должен в этом сознаться — для того, чтобы научиться делать фейерверк¹⁰. Мой отец, помнится, подарил мне в небольших количествах бертолетову соль, фосфор, серную кислоту и т. д., а также небольшие стаканы, склянки и спиртовую лампочку, чтобы я мог развлекаться во время скучных месяцев болезни. В первые годы моего пребывания в университете я заразил желанием проникнуть в тайны химии одного близкого моего друга...¹¹, и

⁹ Имеется в виду учебник химии Т. Грэма, который, по-видимому, был в библиотеке Джона Рамзая. Впоследствии Рамзай высоко оценивал достоинства этого учебника: «На мой взгляд, это лучший учебник, когда-либо написанный, хотя в настоящее время и устарел уже» [3, стр. 107].

¹⁰ Много лет спустя в биографическом очерке о Г. Дэви Рамзай писал: «Подобно многим другим мальчикам, Дэви попал в хоромы химии через боковую дверь фейерверка» [3, стр. 89.]. Как мы должны быть благодарны этой «боковой», но заманчивой «двери», через которую в химию пришёл не только Г. Дэви, но и В. Оствальд, В. Рамзай и многие другие знаменитые химики.

¹¹ Генри Файф.

я припоминаю наше торжество, когда нам удалось получить из сахара кристаллы щавелевой кислоты» [5, стр. 6].

Несколько расходятся с этим утверждением воспоминания Генри Файфа, который рассказывает: «Наша дружба началась вскоре после поступления в колледж (университет)... Однажды я случайно услышал, как Рамзай рассказывал некоторым студентам о своих планах химического эксперимента, который он собирался осуществить. Я подошел к Рамзаю и заявил ему, что посещаю курс по химии, и быстро смог понять, что намеченный им опыт является весьма опасным... На следующее утро Рамзай явился ко мне и сказал, что он благодарен за замечание, с которым совершенно согласен, и мы вместе направились в колледж...» [5, стр. 13].

Далее Файф утверждает: «Рамзай в то время практически не знал даже азов теории химии, однако уже имел некоторый практический опыт, выразившийся в подготовке им ряда экспериментов в домашней лаборатории.

Как правило, эксперименты ставились в спальне Рамзая, где можно было видеть бесчисленное количество различных склянок, содержащих кислоты, соли, ртуть и другие химикаты. Когда мы начали встречаться, я обнаружил, что он довольно хорошо знаком с техникой добывания необходимых материалов и аппаратов для постановки интересовавших его опытов. Обычно мы встречались в моем доме после обеда и занимались практической работой: получали кислород, водород и другие простые соединения, как, например, щавелевую кислоту из сахара.

Мы так и не научились делать химический анализ, но стали самыми настоящими экспертами в тех областях, которыми занимались и которые обычно были повторением классных опытов или были описаны в книгах» [4, стр. 19].

В воспоминаниях Файфа, таким образом, достаточно четко выражена мысль, что именно он был одним из первых наставников Рамзая по химии. Как и многие молодые люди того времени, Рамзай смутно представлял задачи и цели химии. Доктор Фергюсон, исполнявший в то время обязанности декана химического факультета, советовал Рамзаю не посвящать себя химии, так как эта наука, по его выражению, «исчерпала свои

возможности и является наукой без перспективы». К тому же факультет не мог предоставить необходимых возможностей для студентов, желающих квалифицироваться по химии, и для химиков не существовало даже отдельной программы. Единственный, довольно скудный курс лекций по химии читался медикам. Как правило, химики начинали свою карьеру с изучения медицины и лишь позже приобретали технические навыки работы в лаборатории. Нередко этого удавалось достичь только в том случае, если химик мог стать подмастерьем известного аптекаря.

В это время настольной книгой Рамзая было руководство М. Фарадея по химическим опытам. Эта книга оказалась весьма полезной юному химику. Он выполнил ряд опытов и получил кислород, водород и другие простые соединения. Вильям научился выдувать простые по форме сосуды из стекла и сам сделал газовую горелку Бунзена.

Мастерство стеклодува в дальнейшем очень пригодилось Рамзаю в его работах по исследованию газов. Траверс описал такой случай. В 1897 г. в гостях у Рамзая был В. Оствальд, в лаборатории он наблюдал эксперимент над одним из благородных газов, проводившийся Рамзаем и Траверсом. Во время этого опыта лопнула стеклянная трубка теплеровского насоса. Не говоря ни слова, Рамзай подошел к стеклодувному станку и изготовил новую трубку, в то время как Траверс подрезал лопнувший конец и подготовился к припаиванию новой трубки. Оствальд был поражен: «В моей лаборатории,— сказал он,— нам пришлось бы остановить работу и ждать стеклодува» [5, стр. 28].

Начало научной деятельности

В 16 лет Вильям уже принял окончательное решение стать химиком. С июля 1869 г. он начал работать в химической лаборатории Р. Тетлока (ассистента профессора Пенни), где прошел элементарный курс качественного и количественного анализа. Одновременно Рамзай прослушал курс лекций по химии профессора Т. Андерсона и Д. Фергюсона. В своем отзыве о Рамзае, написанном в ноябре 1870 г., Тетлок писал, что он был

учителем Рамзая в течение 18 месяцев: «Рамзай прослушал полный курс лекций по химии в Университете. Поэтому, как он относился к учебе, могу сказать, что его восприятие химии и способности быстро постигать тайнства этой сложной науки были незаурядными» [5, стр. 8].

О периоде обучения Рамзая в химической лаборатории Тетлока известно сравнительно мало. По-видимому, Рамзай много внимания уделял не только освоению химии, но и продолжал изучать языки и знакомиться с классиками.

В своей краткой автобиографии Рамзай охарактеризует Тетлока как замечательного аналитика, под руководством которого им была освоена нелегкая техника химического анализа. Эта подготовка была неплохим началом для выработки практических навыков в проведении экспериментов — не следует забывать, что Рамзай до этого прослушал только теоретический курс элементарной химии.

Друг Рамзая Файф, с которым Вильям особенно подружился и сблизился зимой 1869/70 г.¹², писал: «Зимой 1869/70 года мое зрение резко ухудшилось, и я в течение года был совершенно лишен возможности читать. В это трудное для меня время Рамзай проявил необыкновенную доброту и часто приходил ко мне читать. Нередко мы вместе отправлялись гулять, и Рамзай читал мне в подлиннике своего любимого Беранже и других французских поэтов. Его успехи в изучении языков были поразительны. Конечно, я много не понимал, но это не имело никакого значения, так как Рамзай охотно переводил непонятные места» [4, стр. 21].

В конце 1870 г. по совету своих учителей Рамзай поехал в Германию в Гейдельберг в лабораторию знаменитого Р. Бунзена, но вскоре вернулся к себе на родину, вероятно, по настоянию матери, обеспокоенной накаленной обстановкой на континенте¹³.

Чтобы восполнить пробелы в своем образовании, Рамзай с 7 ноября 1870 г. начал слушать общий курс лекций Вильяма Томсона (лорда Кельвина) по натурфилософии, который его глубоко заинтересовал. «В ла-

¹² Рамзай и Файф сохранили дружеские отношения до конца своей жизни. Переписка с Файфом хорошо сохранилась и занимает немалое место в архиве Рамзая.

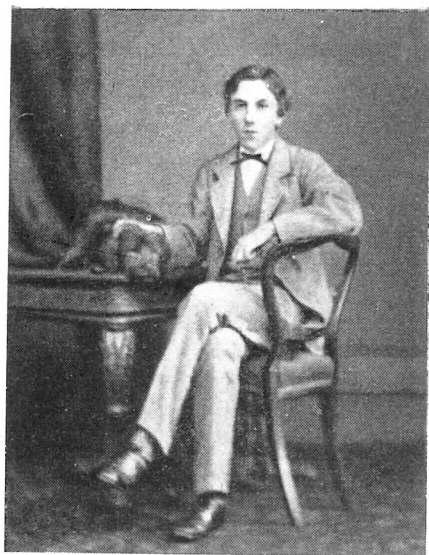
¹³ В конце июля 1870 г. разразилась франко-прусская война.

боратории сэр Уильям был учителем, очень сильно будящим мысль,— вспоминал Рамзай.— Систематического преподавания было мало, но студентам сразу указывалось то тут, то там, неизвестная область, в которой можно сделать множество открытий; студенты при этом чувствовали, что и они могут помочь проникнуть в эти глубины знания» [5, стр. 10].

Сохранились записи лекций Томсона, сделанные Рамзаем, и черновые заметки, которые отражали интерес студента к натурфилософии. Как одному из самых прилежных и способных студентов, Вильяму Рамзаю, даже не закончившему курс, был присужден приз. Еще более был польщен Рамзай отзывом Вильяма Томсона: «Г-н Рамзай проявил свой ум, отвечая на вопросы *viva voce*¹⁴, и занял высокое место в списке, составленном соответственно отметкам, выставлявшимся еженедельно за письменные ответы» [5, стр. 10]. Рамзай впоследствии писал: «Томсона нельзя было назвать хорошим оратором: он был довольно разбросан и легко уклонялся в сторону. Вообще я сомневаюсь, чтобы человек со столь блестящим и быстрым умом мог бы в то же время стать первоклассным педагогом. Во всяком случае я смог освоить содержание его лекций только при их повторном посещении. Надо, однако, заметить, что Томсон никогда не давал остыть интересу у своих слушателей. Этому в немалой степени способствовала живость его языка и иллюстративного материала. Однажды, объясняя действие пары сил, он иллюстрировал это на примере двери. Однако и здесь его мысль отвлеклась, и Томсон некоторое время потратил на выяснение разницы в структуре английской и шотландской двери. Мы хорошо усвоили, что такое «пара сил», однако это понятие может быть выражено в гораздо более доходчивой и краткой форме» [4, стр. 92—93].

Можно сказать, что Рамзай получил хорошее общее образование, но не получил специального. Он читал классиков, изучил французский и немецкий языки. Его интерес к языкам был вызван главным образом желанием установить и поддерживать контакты с иностранными коллегами. Рамзай обладал способностью быстро схва-

¹⁴ *Viva voce* — устно (лат.). Здесь, по-видимому, бодрым, живым голосом.— Ю. С., Л. П.



Рамзай в возрасте 18 лет

тивать тонкости того или иного языка. Так, путешествуя по Норвегии в 1879—1880 гг., он изучал норвежский язык. В Италии, где он проводил летние каникулы, Рамзай изучал итальянский язык. Впоследствии свой рассказ о поездке вместе с ним в Финляндию леди Рамзай начала со слов: «Когда Рамзай приезжал за границу, первое, что он делал, была покупка им нескольких книг на языке страны для того, чтобы, по его выражению, вникнуть в язык» [4, стр. 258].

Во многих случаях Рамзай, путешествуя, мог разговаривать на языке тех стран, которые он посещал.

Весной 1871 г., когда в Европе военные и политические страсти улеглись, Рамзай вновь поехал в Германию — на сей раз в Тюбинген, в лабораторию известного немецкого химика-органика Р. Фиттига¹⁵, где на-

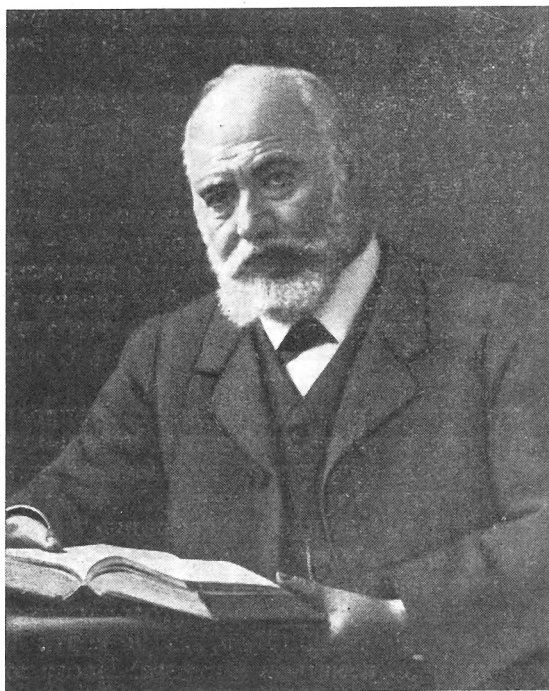
¹⁵ Р. Фиттиг (1835—1910 гг.) — автор работ по изучению строения и синтеза ароматических углеводородов. В 1864 г. предложил способ получения жирно-ароматических углеводородов действием металлического натрия на смесь алкил- и арилгалогенидов (реакция Фиттига).

чал работу по исследованию толуоловых кислот. На выбор Рамзая в определенной степени повлияли сказочные успехи органической химии и анилино-красочной промышленности, которые в то время произвели такое сильное впечатление, что чуть ли не все химики 1860—1870-х годов стремились стать органиками. Молодые химики из различных стран охотно ехали именно в Германию потому, что там работали известные школы химиков-органиков (Либиха, Байера, Кольбе, Фиттига и др.). Там же можно было выполнить самостоятельные экспериментальные исследования и получить ученую степень. Это была уже проторенная дорога в науку.

Во времена Рамзая в английских университетах не читалось каких-либо запланированных заранее курсов лекций по химии. Из друзей Рамзая только один — М. Паттисон-Мюир — твердо решил избрать в качестве своей профессии химию, однако и ему было неясно, с чего начинать.

В Германии положение было иным. В большинстве университетов имелись кафедры химии, по окончании же соответствующих курсов ученикам присваивалось ученое звание доктора философии. Направляясь на учебу в Германию, Рамзай, однако, вначале не намеревался защищать диссертацию на звание доктора философии и ставил перед собой довольно скромные цели: он хотел проработать в Тюбингене лето и часть осени, приобрести необходимые экспериментальные навыки и познания в химии и уже к зиме рассчитывал вернуться домой. Приступая к учебе в Тюбингене, Рамзай фактически еще не имел достаточно четкого представления об исследовательской работе. Только здесь в полной мере осознается им подлинный профессиональный смысл и значение терминов: «химик» и «экспериментальная» или «исследовательская» работа. Но первые же месяцы учебы у Фиттига и работы в его лаборатории, первые же самостоятельные шаги молодого химика-исследователя заставляют Рамзая более серьезно задуматься об избранной им специальности и, по-видимому, окончательно, уже на более зрелом уровне, фиксируют сделанный им выбор в пользу химии.

Письма Рамзая, адресованные в этот период его родителям, постепенно приобретают эмоциональную окраску и красноречиво свидетельствуют об увлеченности



Р. Фиттиг

молодого ученого химией. Так, в письме своему отцу летом 1871 г. Рамзай писал: «Я приготовил толуидин-аммониевое основание, весьма близкое по свойствам к анилину. Вчера вечером я прикрыл раствор бумагой, а сегодня обнаружил красивую окраску, которая появилась под влиянием кислорода... Я собираюсь прослушать курс лекций Фиттига по неорганической химии. Он — лучший лектор из тех, кого я когда-либо слышал. И очень прост и доступен для понимания» [5, стр. 19].

Несколько позже (письмо от 1 июля) Рамзай кажется впервые говорит о своем решении работать над диссертацией на звание доктора философии: «...мне не хотелось бы задерживаться здесь до начала весны, однако за это время я успею освоить методы органической химии и стать доктором Рамзаем» [5, стр. 20].

Фактически Рамзай пробыл в Тюбингене около 16 месяцев, вернувшись в родные края только к началу сентября 1872 г.

Рамзай писал довольно пространные письма и, как правило, подробно рассказывал о своей работе и жизни. Представляет интерес в этом отношении письмо Рамзая к отцу, датированное 14 июня 1871 г.: «Тебе может показаться, что мне не нравится химия, но это совсем не так. Единственно, против чего я протестую — это слишком большая загрузка. Сегодня утром я поднялся в 5.30, от 6 до 7 учеба и завтрак, от 7 до 9 — классы (лекции) и от 9 до 3 — лаборатория, от 3 до 5 — учеба и от 5 до 6 опять лекция. После этого я обедал и в 8 снова должен вернуться к занятиям» [5, стр. 23].

Характерно также письмо Рамзая от 29 апреля 1871 г., в котором он писал: «Лекции Фиттига довольно интересны. Я понимаю большую часть, но недостаточно четко... Я собираюсь работать над платиновой солью и в дальнейшем над $\text{РН}_4\text{J}$ — иодидом фосфония»¹⁶. «Обычный распорядок таков, — пишет Рамзай в другом письме, — встаю в 7 часов, завтракаю в 7/30, иду в лабораторию за несколько минут до 8, приготавливаюсь к работе, затем иду на лекцию от без четверти 8 до 9. Я полностью теперь понимаю Фиттига. После этого работаем до 12 и обедаем» [5, стр. 23].

Несмотря на большую занятость, Рамзай по-прежнему увлекается музыкой, пением, особенно студенческими песнями, посещает картинные галереи, театр. Вечерами в свободное время играет в бейсбол, только что привезенный из Америки, и бильярд. Рамзай любил путешествовать, и во время своего пребывания в Тюбингене увлекся альпинизмом.

В лаборатории Фиттига в то время работал молодой американский химик Айра Ремсен¹⁷, дружбу с которым

¹⁶ Соли фосфония были впервые получены Лабилардые в 1817 г. и незадолго до Рамзая изучены А. Гофманом. Студентам предлагалось повторить исследования, выполненные до этого другими исследователями, что было типичным методом обучения того времени.

¹⁷ А. Ремсен (1846—1927 гг.) — профессор университета в Балтиморе, крупный специалист в области органической химии. В 1879 г. основал «American Chemical Journal». Он написал несколько учебников по химии. Представляет большой интерес тот факт, что Ремсен в своем журнале опубликовал рецензии на многие вышед-

Рамзай поддерживал многие годы. Позже, посещая Америку, Рамзай всегда навещал своего старого друга, и они, уже убеленные сединами профессора, весело смеялись, вспоминая дни, проведенные в Тюбингене. Впоследствии профессор Ремсен рассказывал: «Просматривая корреспонденцию моего старого друга Рамзая, я прочитал отрывок из его письма, датированного мартом 1904 года. Кто бы мог подумать, что спустя тридцать три года я буду писать человеку, который в 1871 году открыл мне большую парадную дверь химической лаборатории в Тюбингене и на мой вопрос на немецком языке: «*Können Sie sagen wo ist der Vorlesungszimmer?*» ответил на английском: *Oh, I guess you want the lecture room*» [5, стр. 13].

25 июля 1872 г. Рамзай написал своему отцу, что сдал экзамены. По химии Рамзаю задали следующие вопросы: «1) сходство и различие соединений углерода и кремния, 2) взаимоотношение между глицерином, его новыми производными и другими углеродными соединениями, содержащими 3 углеродных атома» [5, стр. 21]. К этому же времени Рамзай завершил работу над диссертацией: «Исследования толуоловой и нитротолуоловой кислот»¹⁸. Она начинается словами: «Определение состава химических соединений стало целью химиков с того времени, когда открытие новых простых тел перестало быть предметом их основного внимания»¹⁹. Много труда было уделено органическим соединениям, в частности, видимо, потому, что они сами по себе образуют особую группу и располагают только немногими аналогами среди неорганических соединений, а также потому, что органические соединения обладают свойствами, облегчающими их исследования» [5, стр. 24].

Рамзай дал обзор работ по определению состава замещенных производных бензола. Исходя из формулы

шие книги по химии. Он так же, как Рамзай, был большим почитателем Менделеева. Ремсен высоко оценил «Основы химии» Менделеева, которые, по его словам, «представляют необычный интерес и значение». «Весь мир знает,— писал Ремсен,— что проф. Менделеев отличается выраженной оригинальностью и поэтому неудивительно, что его книга не является ординарной» [6, стр. 41].

¹⁸ Текст диссертации сохранился в рукописи на английском языке.

¹⁹ Мог ли тогда молодой докторант предполагать, что ему, по странной иронии судьбы, предстоит открыть целую семью «простых тел».

бензола, предложенной Кекуле в 1865 г., Рамзай пришел к следующему заключению: «В течение определенного времени были некоторые сомнения в реальности орто положения двух групп салициловой кислоты. Учитывая, что последнее соединение было получено Бартом из ортотолуолового сульфата калия при воздействии плавленого гидрата калия и последующем окислении метильной группы, очевидно, что для ортотолуола сульфата калия характерны такие реакции, которые доказывают его сходство с фталевой кислотой» [5, стр. 24]. Это и было целью его успешно проведенного исследования.

После защиты диссертации Рамзай получил степень доктора философии.

Ассистент колледжа Андерсона

После возвращения в Глазго в октябре 1872 г. Рамзай был принят на должность ассистента профессора прикладной химии Г. Бишофа²⁰ при «Колледже Андерсона» (предшественник Королевского технического колледжа в Глазго), основанном в 1795 г. Колледж в то время имел факультеты натурфилософии, химии, математики, прикладной механики и технической химии. Рамзаю было поручено общее руководство лабораторной работой студентов кафедры прикладной химии. «Насколько помнится,— вспоминал Рамзай,— я не обнаружил за это время ничего, но систематическая работа, которую мне приходилось выполнять без всякой помощи, принесла мне большую пользу. Очень многому я научился также от многих студентов, ибо нет более строгого испытания и более беспощадной критики, чем критика наших учеников» [3, стр. 13].

В колледже Рамзай занимался в основном преподавательской деятельностью. Его курс слушало около 200 студентов, главным образом медиков, которые были разбиты на четыре группы. Можно себе представить, что проверка около 200 упражнений уже сама по себе была весьма монотонной и трудной работой. Но в результате

²⁰ О Бишофе известно очень мало. Он был сыном известного немецкого минералога. Длительное время проживал в Англии.

INVESTIGATIONS
ON THE
TOLUIC, AND NITROTOLUIC ACIDS.

INAUGURAL DISSERTATION
FOR THE ATTAINMENT
OF THE
DEGREE OF DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

AT THE
UNIVERSITY OF TÜBINGEN,
UNDER THE PRESIDENCY

OF
DR. RUDOLPH FITTIG,
PROFESSOR IN ORDINARY OF CHEMISTRY,

PRESENTED

BY
WILLIAM RAMSAY Junr.
OF GLASGOW.

TÜBINGEN, 1872.

PRINTED BY L. FR. FUES.

Титульный лист диссертации Рамзая на степень доктора философии

именно этой работы, по свидетельству самого Рамзая, он, «изучил неорганическую химию с редкой основательностью» [3, стр. 14].

Как преподаватель Рамзай пользовался большим авторитетом и популярностью. Когда стало известно о намерении его перейти на другое место работы, он получил письмо, подписанное 218 студентами, с оценкой его высоких заслуг как педагога. Они выражали уверенность в том, что Рамзай справится с кругом своих новых обязанностей таким образом, чтобы оказать честь университету, в котором он был выдающимся студентом и преподавателем [7].

Для исследовательской работы у Рамзая оставалось мало времени. Тем не менее, когда он обнаружил в погребе химической лаборатории запасы фракций пиридиновых оснований, он решил их использовать в своей работе. В частности, из пиколина (C_6H_7N) им была получена пиколиновая кислота.

В работе, опубликованной в октябре 1876 г., Рамзай привел описание метода получения пиридина путем пропускания газов ацетилена и цианистой кислоты через горячую трубку ($800-950^{\circ}C$) по реакции $2C_2H_2 + HCN \rightarrow C_5H_5N$. Так был впервые осуществлен синтез пиридина. «С известной вероятностью,— писал Рамзай,— можно утверждать, что пиколином является метилпиридин».

Из пиколина Рамзай получил довольно много новых кислот (при этом он полагал, что пиколлин, подобно ряду бензола, дает три формы изомеров). В своей второй работе, опубликованной в октябре 1877 г., он описал метод окисления пиколина щелочным перманганатом, с помощью которого он получил соединение, названное им дикарбопиридиновой кислотой $C_5H_3N(COOH)_2$. Затем он получил α - и β -дикарбопиридиновые кислоты.

Заинтересовавшись физиологическим действием некоторых из этих веществ, Рамзай в 1878 г. совместно с профессором физиологии университета Дж. Мак Кендрик опубликовал работу с описанием физиологических свойств пиридиновых оснований и их солей, сравнив их с некоторыми из алкалоидов. Проводились также опыты по химии некоторых анестезирующих веществ (например, с хлористым этилиденом). Эти работы привели к выводу об аналогии пиридиновых и хинолиновых осно-

ваний с хининовыми алкалоидами. Затем Рамзай (совместно с Д. Добби)²¹ предпринял исследование с целью выяснить, что образуется при окислении алкалоидов перманганатом калия. Оказалось, что образуются кислоты, которые при нагревании дают пиридиновые основания.

В 1877 г. Рамзай посетил Францию, где на одном из заседаний собрания Французской ассоциации в Гавре прочитал сообщение на тему: «О соединениях пиридина». В обсуждении его доклада приняли участие П. Шютценберге и Ш. Вюрц.

Казалось бы, намечалась перспектива дальнейших исследований Рамзая в области органической химии, но этого не произошло. Он отходит от органической химии и все больше и больше проявляет интерес к физико-химическим проблемам.

Почему так случилось? Вспомним, что то же самое произошло с Н. А. Меншуткиным в Петербурге, когда он, оставив область органической химии, с 1877 г. приступил к систематическим исследованиям по химической кинетике. В эти же годы В. Оствальд в Тарту, а несколько позже С. Аррениус в Упсале также увлеклись решением физико-химических проблем. Многие химики, начало научной деятельности которых совпадает с концом 70 — началом 80-х годов XIX в., покидают «старую» органическую химию во имя молодой физической химии не потому, что первая перестала блистать красотой и делать им подарки, а потому, что «молодая» повела их дальше, в глубину химического процесса, а это было более заманчиво и привлекательно, чем заниматься препаративной химией.

В колледже Рамзай впервые увидел работу важного по тем временам прибора для исследования газов — ртутного насоса Шпренгеля, который является частью аппарата, использовавшегося для анализа остатков после выпаривания воды по методу Франкланда. По этому методу остаток смешивался с окисью меди и хроматом свинца, после чего подогревался в стеклянной трубке, предварительно эвакуированной насосом Шпренгеля. При этом отбирались и анализировались двуокись углерода и азот, образовавшиеся в результате сгорания органического остатка. Работа с этим аппаратом помогла Рам-

²¹ Д. Добби — младший сотрудник университета.

заю подготовиться к практике и освоить методы работы с газами.

В 1876 г. Рамзай, прослушав курс лекций по химической геологии, начал исследования суспензии глин в воде. Результаты этой работы были сообщены геологическому обществу сэром Эндрюсом и впоследствии опубликованы в трудах этого общества.

Другая его работа «О степени дегидратации металлических гидратов» — была предпринята совместно с Дж. Хеннеем²² и опубликована в Журнале химического общества в 1877 г.

В сентябре 1876 г. Рамзай впервые участвует в собрании Британской ассоциации в Глазго. В письме к Дж. Мак-Гоуэну он писал: «Я впервые познакомился с целым рядом химиков, в числе которых А. Вильямсон, В. Чандлер-Робертс, Дж. Дьюар, и прослушал лекции В. Томсона и П. Тейта (последняя о Д. Тиндале)» [5, стр. 34]. В то же время из личных записей Рамзая выясняется, что фактически он проявлял больше интереса к работе физической секции, чем к химической.

По мнению Добби, Рамзай мог бы стать физиком, если бы он был лучше подготовлен в области математики. Рассказывая о работе его в Глазго, Добби сообщает: «Когда Рамзай стал заниматься физическими экспериментами, то почувствовал острую необходимость в овладении математическим аппаратом. Он немедленно договорился с одним из молодых математиков о помощи, однако тот явно не смог приспособиться к темпераменту Рамзая и обучение математике так и не состоялось» [4, стр. 50].

Не следует, однако, забывать, что многие химики того времени начинали свою карьеру в медицине, а математика считалась несущественным элементом в подготовке химика. В то же время значительная часть важнейших химических исследований второй половины XIX в. была выполнена совместными усилиями химиков и мате-

²² Джеймс Банантайн Хенней — один из выдающихся ученых, который был старше Рамзая на два года. В возрасте 18 лет он уже имел двенадцать опубликованных работ и был принят ведущим инженером на заводе Уайта по производству бихроматов. Через три года он был назначен управляющим завода. Однако в связи с плохим здоровьем он вынужден был уйти с завода, устроившись ассистентом Э. Миллса.

матиков. Так, К. Гульдберг, который был физико-химиком и математиком, совместно со своим двоюродным братом химиком П. Вааге сформулировал закон действия масс. А химик Вернон Харкур совместно с математиком Эссоном из Оксфорда предпринял первые количественные исследования по химической кинетике. Позже сам Рамзай в своих работах по физической химии воспользуется помощью математика Дж. Розе-Иннса.

Летом 1878 г. в Дублине Рамзай участвовал в работе Британской ассоциации содействия развитию наук и представил два сообщения, из которых одно по органической химии (исследование пиридинов) и другое уже по физической химии (определение молекулярных весов при относительно высоких температурах методом Виктора Мейера).

Продолжая работы немецкого физико-химика Г. Коппа, который определял плотность при обычных температурах, а коэффициенты термического расширения и вычисленные объемы — при точках кипения, Рамзай изменил этот метод и предложил определять плотность при температурах кипения, погружая пикнометр непосредственно в пары жидкостей. «Приступить к работам в области физической химии,— вспоминал Рамзай,— меня побудило то обстоятельство, что я натолкнулся на некоторые трудности при определении плотности паров некоторых производных дипиридина с очень высокой температурой кипения... Здесь у меня явилась мысль определить молекулярный объем жидкостей при их точках кипения, нагревая в ее собственных парах стеклянный сосуд, наполненный исследуемой жидкостью... Раз окупнувшись в море физической химии, я натолкнулся на множество проблем» [3, стр. 15].

Уже упоминалось, что в 1876 г. Рамзай начал исследования суспензий глин в воде, вязкость которых определялась при помощи прибора, подобного вискозиметру Оствальда, сконструированного Дж. Хеннеем. Пользуясь этим прибором, он определял также вязкость растворов солей. Результаты работы были опубликованы в трудах Королевского общества в 1878 г. под названием «О микроареометре». Тогда же ученый открыл физико-химическое соотношение, имеющее большое значение. Используя опубликованные данные, он сформулировал следующий закон: «Между теплотой испарения жидкости и увеличе-

нием ее объема при переходе в состояние паров существует приблизительно постоянное отношение». Это соотношение, независимо от Рамзая открытое Ф. Трутоном в 1884 г. и известное теперь как закон Трутона, Рамзай намеревался проверить в лабораторных условиях. В его лабораторном дневнике имеется запись: «Определение теплот конденсации и удельных теплот от температуры кипения до нормальных температур».

Профессор и декан университетского колледжа в Бристоле

В марте 1880 г. Рамзай получил приглашение занять кафедру химии при колледже университета в Бристоле, Здесь он начал читать студентам курс лекций по химии и вел с ними практические занятия. Будучи в Бристоле, Рамзай написал небольшую книгу под названием «Основы химической теории для начинающих» («Proofs of Chemical Theory for Beginners»), в которой описал ряд количественных экспериментов в основном для студентов первых курсов. Г. Роско, прочитав учебник, написанный Рамзаем, указал ему, что предложенная методика преподавания годится только для курсов с небольшим числом студентов, и явно не подходит для курсов с числом студентов, превышающим 50—70 человек.

Постановка преподавания и исследовательской работы в колледже была весьма примитивной. Лаборатории были оснащены крайне слабо. Перспективы продвижения были также весьма незначительны. Все это приводило к тому, что способные научные работники покидали колледж, устраиваясь преподавателями химии в школах, инженерами в промышленности, а оставшиеся, как правило, постепенно теряли интерес и стимул к исследовательской работе. Поступить на работу в колледж могли по существу только дети состоятельных родителей или люди, располагавшие независимым источником существования.

Уставом предусматривалось, что профессор должен в течение первых двух лет прочитать не менее шести-десяти лекций и один раз в неделю вести семинар для студентов. Профессор имел квалифицированного ассистента. Предполагалось также чтение дополнительных



В. Рамзай — профессор университетского колледжа в Бристоле

лекций персоналу одной из промышленных компаний, расположенных неподалеку от Бристоля. Небезынтересно отметить, что при этом ни слова не говорилось об исследовательских работах. В колледже не было библиотеки, поэтому профессор должен был приобретать необходимые ему книги за собственный счет.

Лекции на промышленных предприятиях отнимали много времени и были явно не по душе Рамзаю, который однажды недвусмысленно заявил: «Это ужасная скука, и я буду очень рад, когда все это кончится. Тема лекции настолько специальная, что ее исключительно трудно подать людям, ничего не смыслящим в химии. В то же время не имеет никакого смысла вдаваться в практические детали, так как эти люди разбираются в них гораздо лучше меня» [5, стр. 53]. Впрочем, Рамзай потратил довольно много времени на экспериментальную работу, пытаясь решить ряд технологических проблем, возникавших на производстве. «Я получил ряд интересных результатов,— писал Рамзай,— которые сотрудники Траубриджа хотели бы видеть опубликованными, я мог бы, конечно, сделать это, однако, теория этого предмета нова и исключительно сложна» [5, стр. 53].

«На основании изучения рукописей и других материалов, относящихся к бристольскому периоду жизни Рамзая,— пишет Траверс,— можно сделать вывод, что в этот период основное внимание и время уделялось преподавательской и чисто административной работе. Учитывая, что к этому времени Рамзай был помолвлен с Маргарет Буханан и каждый день писал своей невесте длинные письма, не удивительно, что на исследовательскую работу оставалось совсем мало времени» [5, стр. 53]. Тем не менее, в Бристолье Рамзай продолжал работу, посвященную изучению молекулярных объемов жидкостей при их точках кипения.

В августе 1881 г. Рамзай женился. Он прожил с женой 35 счастливых лет. «Быть сыном таких родителей, какими были мой отец и моя мать, иметь такую подругу жизни, какой является моя жена,— счастье, которое я должен признать с величайшей благодарностью» [3, стр. 40],— писал в автобиографии Рамзай.

Во время свадебного путешествия по Германии и Франции Рамзай побывал на заводе в Льеже, где наблю-

дал отливку стали по методу Бессемера; в Бонне он посетил химический факультет университета. В Париже осмотрел электротехническую выставку. Интересно, что именно на этой выставке для освещения были впервые использованы лампы Эдисона — Свана. Большим событием выставки была также прямая трансляция оперы по телефону. В одном из своих писем Рамзай отметил: «Это было так же четко и громко, как если бы вы могли слушать из партера» [5, стр. 58].

После возвращения в Бристоль (28 сентября 1881 г.) на заседании университетского совета Рамзай был избран деканом факультета. В течение первого года он фактически не имел возможности серьезно заняться научной работой, так как кроме своей основной работы должен был исполнять различные административные обязанности, которые его сильно тяготили. С течением времени, однако, Рамзай все больше и больше уделял внимания непосредственно исследовательской работе в лаборатории. Постепенно вокруг него собираются молодые ученики; некоторые из них впоследствии стали крупными учеными.

Рамзай имел обыкновение широко привлекать к исследованиям работавших у него научных сотрудников и студентов. Так, с Ф. Эванс он провел научную работу по изучению галогенидов селена, результаты которой были опубликованы. С другим студентом, отставным полковником королевской армии Г. Рейнольдсом, провел определение эквивалента цинка путем измерения объема водорода, получаемого при взаимодействии металла с кислотой. Метод оказался несколько сложным и дал значение атомного веса цинка 65,66, что превышало принятое в то время значение на 0,27. Мисс Катерина Вильямс изучала растворимость кислорода в воде, и утверждают, что именно она предложила своему учителю повторить эксперимент Кавендиша. Следует упомянуть Тюдора Кэндалла, с которым Рамзай опубликовал работу по окислам азота, и Артура Ричардсона, совместно с которым проводились исследования давления пара стандартных веществ.

Наконец, целый ряд исследовательских работ в области органической и физической химии, по исследованию благородных газов и радиоактивности был выполнен ученым совместно с Д. Добби, О. Массоном, Д. Мак Кенд-

риком, Р. Витлоу-Греем, Н. Колли, М. Траверсом, Д..Стилом и другими исследователями.

С осени 1882 г. в лаборатории в Бристоле появился молодой талантливый ассистент Сидней Юнг, с которым Рамзай опубликовал ряд важных физико-химических исследований. Сидней Юнг получил основное химическое образование в Манчестере, где учился у профессора Г. Роско в колледже Оуэнса. Так же как и Рамзай, он продолжал свое образование в Германии, где в течение двух лет работал у Фиттига, у которого защитил диссертацию на степень доктора философии. Здесь он обучился стеклодувному делу, в котором достиг большого искусства, став одним из лучших химиков-стеклодувов своего времени. Именно Юнг обучил этому необходимому для химика мастерству Рамзая. Не будет большим преувеличением сказать, что и в других сферах научной и личной жизни Юнг пользовался у своего руководителя большим авторитетом и даже оказал на него определенное влияние.

Траверс так характеризует своего учителя: «Все те, кто работал с Рамзаем, отмечают его необычайный талант в постановке проблем и оригинальность их решения. От своих сотрудников он требовал именно сотрудничества, равного участия в решении научных проблем, а не простой помощи. Вряд ли что-либо могло доставить Рамзаю большее удовольствие, чем удача его коллеги в объяснении проблемы или в разработке лучшего экспериментального метода.

Хотя в лаборатории всегда было много персонала, занятого исследованиями, Рамзай живо интересовался всем, что происходит, обходя лабораторию практически каждый день. Я не думаю, чтобы Рамзай стал бы держать сотрудника, медлительного в работе или допускающего серьезные неточности. С другой стороны, он сравнительно спокойно реагировал на ошибки в работе, зачастую довольно серьезные, как, например, потеря ценного газа, ошибки, которые не были результатом несерьезности исследователя и которые фактически неизбежны в любой работе» [5, стр. 61].

Рамзай придавал исключительно важное значение коллективной работе. Из людей разных характеров и национальностей он создал дружный коллектив.

«Лаборатория, какой она должна быть,— указывал

Рамзай,— есть семья, основанная на взаимной помощи и взаимном совете в целях раскрытия тайн природы.

Мне возражали, что слишком свободное обращение идей наносит ущерб оригинальности, что один исследователь пользуется идеями другого и в конце концов бывает трудно решить, что собственно принадлежит лично данному исследователю в его работе. Так что же из этого?... Прогресс науки и без того встречает на своем пути достаточно затруднений, зачем же создавать еще затруднения искусственные? Я не стыжусь открыто заявлять, что мне часто приходилось пользоваться идеями других» [3, стр. 39].

Своим ученикам Рамзай говорил, что прежде чем приступить к какому-нибудь делу, необходимо иметь, по меньшей мере, представление о том, что сделано в этой области предшественниками. А затем ничего более не нужно, как только пробовать. Но для этого молодой исследователь должен уметь хорошо выдувать стекла, ибо большую часть маленьких аппаратов лучше всего делать из стекла; он должен быть жестянщиком, ибо когда нужно что-нибудь вроде машины, насоса и т. д., то всего лучше это делать из жести; хорошим горшечником, когда необходимо иметь сосуды, которые могли бы выдержать высокую температуру.

«Химия и физика,— говорил Рамзай,— суть науки экспериментальные, и те, которые заняты расширением границ науки при помощи эксперимента, не обнаруживают обыкновенно, никакой охоты заниматься спекулятивными размышлениями. Ибо они по долголетнему опыту знают, что рискованно предупреждать события. Правда, они создают себе известные теории и гипотезы и не могут этого не делать: чтобы опыты их не носили случайного характера и не были лишены определенной связи, им нужна известная мысленная картина тех явлений, к изучению которых они приступают. В основе развития науки лежат многочисленные пробы и заблуждения и последние — явление, чуть не в сто раз более частое, чем успех. Но о них никто не сообщает. Объясняется это тем, что исследователь чувствует, что, если ему лично и не удалось достичь желаемого результата, то другой ученый может оказаться счастливее, и было бы нецелесообразно парализовать его охоту попытаться счастье» [8, стр. 56].

Подобно Менделееву и Оствальду Рамзай считал, что в юные годы «самостоятельность превалирует над подражательностью», поэтому, какой бы странной ни казалась фантазия молодого исследователя, ее не следует гасить иронией умудренного человека.

«В науке,— писал Рамзай,— много было потеряно из-за того, что может быть названо научным неверием».

«Когда новичок в науке начинает осматриваться в области известного уже, у него легко получается представление, будто осталось еще очень мало, что ждало бы еще открытия. Но ведь прогресс наш со времени эпохи Исаака Ньютона служит блестящим подтверждением изречения этого великого ученого: мы только детям подобны, подбирающим на берегу знания то тут, то там небольшой камушек, между тем, как перед нашими глазами открывается вид на широкий океан неизвестного. Мы едва только начали — в этом нет ни малейшего сомнения — раскрывать кое-что из чудес мира, в котором мы живем и действуем» [8, стр. 40].

Как педагог, Рамзай стремился к тому, чтобы его преподавание химии будило мысль учащихся. Он говорил: «Лучший метод преподавания тот, когда ученик есть орудие в руках человека плодотворного ума, знающего, что ему нужно открыть, знакомого со всеми до него произведенными опытами и постепенно приучающего своего сотрудника в такой же мере работать умом, как он работает механически, осуществляя мысли другого. Если заставлять студента одновременно с работой в лаборатории прочитать не только то, что относится к разрабатываемой в данный момент проблеме, но и обо всем, что так или иначе касается его предмета, то для студентов даровитых нет ничего лучшего, как такое преподавание, столь будящее мысль» [3, стр. 146—147].

Остались интересные воспоминания о Рамзае как педагоге и лекторе. Приведем выдержку из воспоминаний профессора Р. Витлоу-Грэй. «...Впервые я познакомился с Рамзаем в 1895—1896 гг. Посещая лекции Рамзая, я лично мог убедиться в способности его живо и увлекательно излагать сложнейшие химические принципы, что являлось контрастом другим курсам, которые мне приходилось посещать в эти годы. Рамзай часто разговаривал со студентами, принимал самое конкретное и непосредственное участие в научных интересах каждого,

более или менее одаренного студента. Рамзай не просто выяснял, чем занимается или намерен заниматься студент, а старался заинтересовать студента той или иной темой, если даже, с нашей точки зрения, это считалось рутинной работой, например в области объемного и весового анализа. В те дни практическая работа по неорганической, органической и физической химии проводилась в одной и той же лаборатории и студенты могли без всяких осложнений менять эти специальности и даже поощрялись к этому. Позже все это изменилось: и физическая и органическая химия стали изучаться в отдельных лабораториях, однако я смотрю на эти контакты разных специальностей как на ценный опыт в моем химическом образовании...» [7].

Какой бы абсурдной ни казалась с первого взгляда та или иная идея, Рамзай предлагал молодым сотрудникам использовать ее для эксперимента. При этом он говорил: «стоит того, чтобы проверить». Его доверие к своим помощникам, которым поручалось порой проведение наиболее ответственных экспериментов, побуждало исследователей подходить к каждому опыту с величайшей осторожностью, чтобы не подвести своего учителя. «Это было пыткой, но и великой тренировкой», — писал профессор О. Массон [7].

Здесь уместно сказать о Рамзае как о человеке, о его характере, о любимых занятиях вне лаборатории.

По свидетельству его друзей, он был совершенно лишен честолюбия. Тех, кто с ним встречался, Рамзай пленял своей доброжелательностью, сердечностью, скромностью и жизнерадостностью. Рамзай жил полной жизнью, часто посещал званые обеды, танцы. Он был прекрасным танцором, отлично танцевал вальс, обладал чувством юмора. У Рамзая был хороший музыкальный слух, хороший голос; он был приличным пианистом и скрипачом и обладал уникальным умением насвистывать классические мелодии под собственный аккомпанемент. Он сочинял забавные стишки, на студенческих обедах всегда можно было услышать в исполнении профессора оригинальную песню. Иногда он даже посещал занятия хорового общества.

Рамзай неплохо играл в гольф и теннис, любил плавать, управлять яхтой, занимался велосипедным спортом. Он был также художественно одаренным человеком.



Вильям Рамзай в домашней обстановке

Рисунки приборов в его лабораторном журнале были хорошо выполнены. Рамзай хорошо рисовал также и портреты. Иногда он брал с собой в отпуск альбом, где делал карандашные наброски. По совету Оствальда, Рамзай делал попытки работать также в цвете.

Профессор в Лондонском колледже

В 1887 г. Рамзай приглашается на кафедру химии при университетском колледже в Лондоне, освободившуюся после ухода в отставку А. Вильямсона — известного английского химика. «Я считал великой для себя честью быть преемником столь знаменитого ученого», — отмечал ученый в автобиографии [3, стр. 23].

5 июня он пишет своей матери: «...ты первая, кому сообщаю радостную новость. Я назначен руководителем объединенной кафедры химии в университетском колледже»²³ [5, стр. 82].

В августе 1887 г. Рамзай оставил свою небольшую, но хорошо оснащенную лабораторию в Бристоле, получив взамен крайне слабо подготовленную для исследований лабораторию в Лондоне. Рамзай начал с реорганизации преподавания и постановки научных исследований, так как ранее в лаборатории исследовательской работой по существу никто не занимался.

Это было трудной задачей, но Рамзай теперь находился в Лондоне, в центре научной жизни страны, и полон энергии. Знал ли он в то время, какую страницу в своей жизни он открывает? Вряд ли. Но оказавшись в Лондоне, волею судеб он соприкоснулся с такими яркими, высокоталантливыми учеными, как Д. Рэлей и В. Крукс, чьи работы скоро вовлекли его в новую сферу исследований. В начале 90-х годов, приступив к изучению газов атмосферы, Рамзай оказался на гребне волны, которая высоко его подняла, но он удержался на ней. В процессе этих исследований проявилась в полной мере

²³ «В Англии, — писал В. Оствальд, — кандидаты выдвигаются не собранием профессоров и не приглашаются правительством, но свободные места объявляются и кандидаты добиваются их сами. При этом существует обычай представить как можно больше характеристик от известных специалистов, так как приглашающая корпорация содержит едва ли больше одного специалиста. Поэтому Рамзай попросил представление также и у меня, и я испытал некоторую гордость, что смог дать ему его» [9, стр. 138].



В. Рамзай — профессор Лондонского колледжа

его одаренность ученого-экспериментатора. Именно это предопределило «трансмутацию» заурядного, мало кому известного профессора в выдающегося ученого с мировым именем.

Первый год своего пребывания в Лондонском колледже (1887—1888 гг.) Рамзай занимался в основном организационной работой.

Небольшая лаборатория Рамзая, расположенная в полуподвальном помещении в узеньких комнатах, производила на первый взгляд неблагоприятное впечатление. Вант-Гофф, побывавший у Рамзая, говорил П. И. Вальдену: «не понимаю, как Рамзай, вообще, может работать в такой лаборатории».

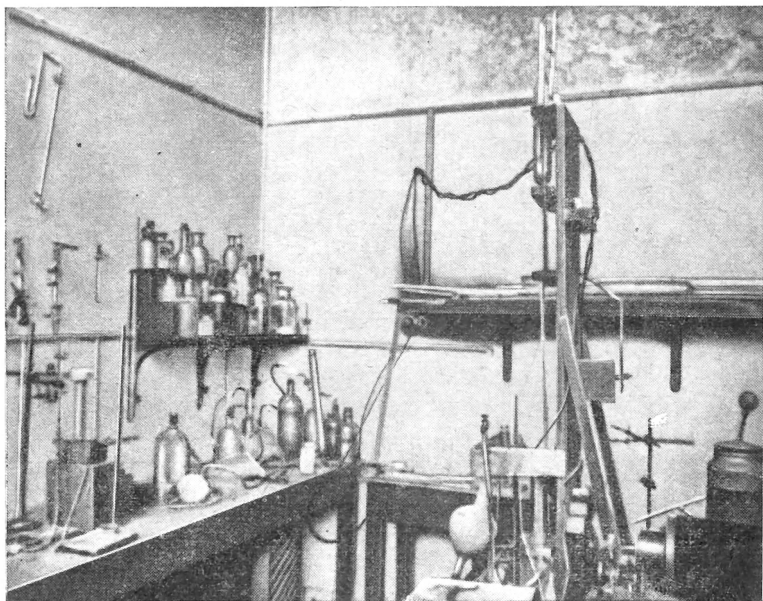
«Но видя неутомимого Рамзая в этой лаборатории,— писал Вальден,— видя его за паяльным столом, восхищаясь его искусством и теми многочисленными тонкими стеклянными и кварцевыми приборами, которые выходили из-под его рук, легко понять, что великие открытия не связаны с хорошей лабораторией, а обусловлены гением ученого и его умением» [10, стр. 115—116].

Как и в Бристоле, Рамзай уделял много внимания студентам и сотрудникам своей кафедры, каждый день сам обходил лабораторию и требовал, чтобы каждый был осведомлен об исследованиях, которыми занимаются его коллеги. Траверс приводит такой пример: «В 1906 г. Рамзай показал ему экзаменационный билет, в котором был всего один вопрос: Расскажите о том, что Вам известно об исследованиях, которые в настоящее время проводятся в нашей лаборатории» [5, стр. 86].

Студенты не посещали каких-либо регулярных курсов. После изучения некоторых методических приемов по количественному и качественному анализу они отрабатывали отдельные методики, описанные в литературе, или решали более простые вопросы, например изучали некоторые разновидности аналитических реакций. Правилom, которое Рамзай воспринял от лорда Кельвина, было: «Учись, экспериментируя над чем-то для тебя новым».

Лондонский период жизни Рамзая — самый плодотворный в научном отношении. Конец 80-х и начало 90-х годов были главным образом посвящены физико-химическим исследованиям.

В лаборатории Рамзая были продолжены работы по изучению капиллярности эфира при высоких температу-



Химическая лаборатория Рамзая в Лондоне

рах, впервые были разработаны методики синтеза метилфторида; изучалось взаимодействие других газов, в частности SO_3 с N_2O_3 и NO_2 , проводилось измерение термических констант воды, изучались химические свойства гидросульфидов.

Определенное воздействие на научное мышление Рамзая и на выбор им тематики научных исследований оказали научные контакты с Оствальдом. Не исключено, например, что обсуждение по инициативе Оствальда проблем электрической проводимости коллоидного раствора молибденовой кислоты побудило Рамзая несколько позже заняться более пристальным изучением коллоидных систем. Именно по его предложению студентами Линдером и Пиктоном был исследован ряд коллоидных систем. Некоторые из этих работ позже послужили основой для ряда принципиальных положений современной коллоидной химии.

Из других исследований, проводившихся в универси-

тетском колледже, следует упомянуть изучение Р. Плимтоном металлических производных ацетилен, разработку Траверсом нового метода получения ацетилена, путем взаимодействия воды и карбида кальция, изучение Норманом Колли аминов и фосфинов и их термического разложения; Колли была открыта интересная реакция образования галогенидов металлов путем нагревания галогенидов тетраметиламмония.

Сам Рамзай определял молекулярные веса металлов в ртутных растворах методом, основанным на изменении точек кипения ртути в зависимости от добавок различных металлов. Эта работа очень заинтересовала Ф. Рауля. Между Рамзаем и знаменитым французским ученым завязалась оживленная дружеская переписка.

С 1893 г. Рамзай начал работы по инертным газам, которые увенчались открытием пяти благородных газов (аргона, гелия, неона, ксенона, криптона) и принесли ученому мировую славу.

Д. И. Менделеев, например, указывал, что открытие благородных газов представляет «одно из блистательнейших опытных открытий конца XIX века» [11, стр. 482].

В 7-м издании «Основ химии» (1903 г.) Менделеев писал: «Я считаю Рамзая утвердителем справедливости периодического закона, так как он открыл He, Ne, Ar, Kr и Xe, и определил их атомные веса и эти числа вполне подходят к требованиям периодической системы элементов» [12, стр. 465].

Первая встреча Рамзая с Менделеевым произошла, по-видимому, в 1884 г. на одном из приемов в Эдинбурге²⁴. Менделееву было тогда 50 лет, Рамзаю — 32 года. Один уже был всемирно известным ученым, открывшим периодический закон химических элементов, другой — молодым профессором при колледже университета в Бристоле, выступившим в науке с первыми работами.

Встречу с Менделеевым Рамзай вспоминает так: «Я прибыл на обед рано и убивал время, просматривая имена присутствующих, когда ко мне, поклонившись, подошел необычайной внешности иностранец, каждый волос которого, казалось, был совершенно независим от

²⁴ В 1884 г. Менделеев посетил Эдинбург по случаю 300-летнего юбилея университета, где был избран доктором прав Эдинбургского университета.

другого. Я сказал: «Мне думается придёт довольно много людей». Он ответил: «I do not speak English». Я сказал: «Vielleicht sprechen sie Deutsch». Он ответил: «Ja, ein wenig. Ich bin Mendeleef» (да, довольно слабо. Я — Менделеев). На что я не сказал «Я Рамзай», а ответил: «Ich heises Ramsay», что может быть звучало более скромно. Стоило владеть немецким языком для того, чтобы поговорить с Менделеевым, даже если его немецкий был слаб» [5, стр. 12].

Между Рамзаем и Менделеевым установились теплые, дружеские отношения.

Ярким свидетельством признания научных заслуг Менделеева и его влияния на английскую науку являются слова Рамзая, назвавшего Менделеева «нашим учителем». С другой стороны, Менделеев, неоднократно бывавший в Англии, говорил: «Ни в какой другой стране я лично не встретил столько симпатий, не нашел столько друзей, как в Англии» [13, стр. 120]. В 1895 г. он записал в своем дневнике: «Лондон мне вообще хорош: много лиц, душевно расположенных, видно по лицам: Рамзай, Д. Армстронг; даже Локьер, особо Роско и Франкланд».

Приведем выдержку из записной книжки Менделеева о пребывании его в Англии в 1898 г.

«Лондон 27/8 (мая) среда. Уехал к Дьюару. Очень мил, все показал, узнал про криптон Рамзая...

28/9 мая. Четверг.

В Royal Society сообщил свое лорду Кельвину. В заседании Рамзай доложил о криптоне из воздуха. Ему задавали вопросы Крукс, лорд Рэлей и Дьюар. Меня вызвали, хлопали, я отказался говорить.

29/10 мая, пятница.

Утром у Рамзая видел криптон» [14, стр. 123].

В лице Рамзая и других английских ученых Менделеев видел тех исследователей, которые активно восприняли его идеи и обогатили периодический закон новыми открытиями. Можно сказать, что «эстафетную палочку» из рук Менделеева взяли английские химики и физики. И это не было случайностью. История науки знает немало примеров смены лидерства той или иной страны в развитии отдельных направлений науки. Процесс этот закономерен и происходит в результате глубоких экономических и политических причин, обуславливающих под-



*Группа химиков на праздновании 200-летия
Берлинской академии наук*

*Первый ряд (слева направо): Вант-Гофф, Бейльштейн, Рамзай,
Менделеев, Байер, Косса. Второй ряд. Ладенбург, Иергенсен, Гьельт,
Ландольт, Винклер, Торпе*

готовку ученых определенной страны к восприятию и дальнейшему развитию новой теории.

В 1891 г. вышел в двух томах английский перевод 5-го русского издания «Основ химии». По этому поводу Менделеев писал: «Этот перевод для меня был радостен. В Оксфорде и Кембридже стали много применять мою книгу». В 1897 г. появился новый английский перевод «Основ химии» (с 6-го русского издания): «Этот перевод для меня тем важен, что показал полный расход 1-го издания, а оно, говорят, было 5000 экземпляров», — отмечал Менделеев [15, стр. 98].

6 января 1892 г. Рамзай писал Менделееву: «Дорогой г-н профессор, наконец, я имею удовольствие читать Вашу

«большую великую книгу» (большую во всех смыслах), которую Вы имели любезность несколько лет тому назад передать мне (русское издание). Время от времени я старался прочесть ее, но это было, правда, свыше моих сил. Но прекрасный английский перевод, теперь появившийся, дает мне возможность особенно обратить внимание на то, что я уже знал относительно объема газов под малым давлением, работу, которую Вы опубликовали с сотрудниками» [16, стр. 81].

В марте 1900 г. Рамзай и Менделеев приехали в Берлин на празднование 200-летия Берлинской (Прусской) академии наук. Сохранился групповой снимок, который мы приводим здесь.

«Может быть больше других химиков,— писал Рамзай Менделееву 18 сентября 1905 г.,— мне выпало счастье изучить Ваши труды, и я нахожу их великолепными» [16, стр. 81]. В ответ на это письмо Менделеев писал Рамзаю 23 сентября 1905 г.:

«Ваше письмо от 18 сентября глубоко меня взволновало. Я еще раз имел возможность убедиться в абсолютной искренности, с которой английские ученые неоднократно оказывали мне почести. Мне бы очень хотелось в мои последние годы оправдать высказанную Вами высокую оценку моих заслуг²⁵. И если я могу на это

²⁵ После смерти Д. И. Менделеева Русское физико-химическое общество решило созвать в конце 1907 г. в Петербурге Первый Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, посвященный памяти Д. И. Менделеева. Общество послало приглашение многим иностранным химическим обществам принять участие в работе съезда. Такое приглашение было послано и Лондонскому химическому обществу. В ответ на это приглашение Рамзай — тогда Президент Общества — послал письмо Председателю Распорядительного Комитета съезда профессору И. И. Боргману (от 1-го марта 1908 г.), в котором говорилось: «Сударь, вчера мной получено письмо, датированное 18 декабря 1907 г. В нем содержится приглашение Лондонскому химическому обществу принять участие в Конгрессе, посвященном памяти нашего знаменитого коллеги Д. Менделеева, в период с 2 по 12 января. Я не могу понять, по какой случайности это письмо меня не достигло. Я был в это время в Швейцарии; его переслали в Виллар, и, вероятно, оно оставалось там до тех пор, пока кому-то не пришла в голову мысль переслать его мне в Лондон. Я очень сожалею об этом, потому что может создаться впечатление, что наше общество не интересуется вашим конгрессом и не симпатизирует цели, которую Вы имеете в виду...» [17, стр. 128].

От жены Менделеева Рамзай получил письмо с благодарностью за соболезнования и художественную гравюру с изображением своего великого супруга.

A SYSTEM
OF
INORGANIC CHEMISTRY

BY
WILLIAM RAMSAY, Ph.D., F.R.S.

PROFESSOR OF CHEMISTRY IN UNIVERSITY COLLEGE, LONDON.



LONDON
J. & A. CHURCHILL
11, NEW BURLINGTON STREET
1891

Титульный лист учебника Рамзая по неорганической химии

надеяться, то только благодаря Вашим добрым пожеланиям, доказательство чему я имел уже много раз» [7].

Рамзай был первым английским химиком, кто в основу преподавания общей и неорганической химии положил периодический закон химических элементов. В 1891 г. Рамзай написал учебник «Система неорганической химии» («A System of Inorganic Chemistry»), в котором указывалось, что «Несмотря на очевидный пример, который дает это открытие для классификации элементов, на английском языке не было написано ни одной книги, которая имела бы в своей основе периодическое расположение элементов» [18].

Рамзай с самого начала был убежден, что закон периодичности является фундаментальным обобщением.

В первой главе своей книги, приводя определение химии как науки, Рамзай указывает: «Первой целью химии является определение состава различных веществ, второй ее целью является выяснение возможности приготовления таких веществ искусственным путем..., третьей целью химической науки является точная классификация элементов и их соединений» [18, стр. 3].

Весьма характерна также ссылка Рамзая на классификацию органических соединений, которая стала, по его словам, возможной благодаря «блестящим работам Кекуле, Гофмана, Вюрца и Франкланда» и которая в свою очередь непосредственно повлияла на «систематическое и успешное расширение области органической химии». Рамзай далее сетует, что неорганическая химия оказалась более консервативной наукой и менее охотно применяла принципы классификации элементов, «открытые Ньюландсом, Менделеевым и Мейером».

Книга Рамзая представляла собой попытку изменить существовавшее положение вещей, о чем убедительно свидетельствует структура и построение учебника и характер изложения материала. Книга состоит из девяти частей (тридцать девять глав): 1. Исторический очерк. 2. Химия элементов. 3. Химия галогидных соединений. 4. Окислы, сульфиды, селениды и теллуриды. 5. Соединения бора, кремния и углерода. 6. Нитриды, фосфиды, арсениды и антимониды. 7. Сплавы. 8. Спектральный анализ. Атомные и молекулярные веса элементов и их

соединений. Периодическое расположение элементов 9. Промышленная химия.

Химия элементов изложена в третьей главе строго в соответствии с их расположением в периодической таблице, за исключением хрома, железа, марганца, никеля и кобальта. Глава тридцать девятая посвящена периодической системе элементов и выяснению зависимости физико-химических свойств элементов от положения их в этой системе.

На стр. 639—641 Рамзай подробно останавливается на открытии скандия, галлия и германия, существование которых было предсказано Менделеевым.

Неоднократно автор возвращается к идеям классификации; так, в 35-й главе, пытаясь расширить определение химии как науки, он пишет: «... дальнейшей целью химической науки является изучение природы изменений, происходящих с веществом, и классификация этих изменений».

В 1896 г. Рамзай опубликовал интересную книгу: «Газы атмосферы, история их открытия», в которой подробно осветил историю открытия газов в XVIII в. и историю открытия аргона. В 1897 г. на страницах Журнала физической химии появился реферат этой книги, написанный Оствальдом. «Принимая во внимание значение содержания и научное положение автора книги, она не нуждается в добавочной рекомендации. Надо надеяться, что она будет способствовать распространению знания и уважения к нашей науке в более широких кругах» — писал Оствальд [19, стр. 288].

Еще работая в Бристоле, Рамзай начал научную переписку с Оствальдом [20], который сначала жил в Риге, а с 1887 г. — в Лейпциге. Когда началась война в 1914 г., эта переписка была прервана.

В 1887 г. Оствальд и Вант-Гофф выпустили первый номер Журнала физической химии (*Zeitschrift für physikalische Chemie*), где имя Рамзая стояло на обложке как члена редколлегии.

Первая встреча Рамзая с Оствальдом состоялась осенью 1890 г. в г. Лидсе, куда Оствальд приехал вместе с Вант-Гоффом на съезд Британской ассоциации, посвященный обсуждению новых теорий растворов.

Одно из наиболее ярких воспоминаний, живо характеризующих научную атмосферу того времени, оставил аң-

глийский ученый А. Смитхеллс: «Рамзай и Оствальд были гостями в моем доме, очень скоро ставшим центром цикла полемиического шторма, продолжавшегося целую неделю. Дискуссии продолжались непрерывно. Припоминаю, что в субботу я организовал для гостей прогулку, надеясь поразить их красотами местной природы. Однако и здесь ученые непрестанно обсуждали проблемы ионной теории, так что о красотах природы не могло быть и речи. Наибольшего накала споры достигли в воскресенье, когда Фитцжеральд за ужином поднял вопрос о целостности молекулы соли в супе и в пику Оствальду и Вант-Гоффу демонстрировал собравшимся диаграмму молекулы. После ужина к дискуссии присоединились Лодж, Армстронг, Пикеринг, Петерсон и другие ученые. Порою споры теряли характер истинной научной дискуссии и переходили в самую настоящую перепалку. Особенно ярко вспоминается разгоряченный Фитцжеральд, непрестанно восклицающий: «Я просто не вижу, откуда может появиться энергия!». Как вы уже понимаете, Рамзай отнюдь не был молчаливым зрителем и принимал самое активное участие в научных спорах. Будучи в это время убежденным ионистом, он довольно активно помогал Оствальду, чей английский язык был несовершенен и оставлял желать много лучшего» [5, стр. 93].

17 сентября 1890 г. Рамзай писал своей жене: «Чем больше я знаю Оствальда, тем больше он нравится мне... Он необычайно скромен, как подобает действительно выдающемуся человеку» [5, стр. 93].

По окончании работы съезда Рамзай и Оствальд вместе посетили Эдинбург.

В своей «Автобиографии» Оствальд вспоминал: «В течение всего периода, когда проблемы химии находились в центре моей работы, тянется близкая дружба с выдающимся английским химиком Вильямом Рамзаем. Мы были одних лет и одинакового идейного направления и не только в том, что относится к науке. В то же время мы были достаточно различны в манере восприятия и в работе над нашими задачами. В Лидсе мы так сблизились, что он предложил мне сопровождать его во время его отпуска, который он намеревался провести у родителей своей жены на побережье Шотландии... Я очень охотно принял предложение. Рамзай познако-

мил меня с некоторыми достопримечательностями своей родины, прежде всего — Эдинбургом, который был бы одним из красивейших городов Европы, если бы этому не мешал сумрачный климат...

В семье Рамзая я провел очень приятно неделю. У них было двое милых детей, мальчик и девочка, примерно того же возраста, что и мои дети» [9, стр. 138—141].

Вторая встреча Рамзая с Оствальдом состоялась 3 августа 1892 г. в Эдинбурге на заседании Британской ассоциации. После первых чисто научных контактов и особенно вскоре после личных встреч в Лидсе переписка между ними все чаще отходит от чисто научной тематики и приобретает более интимный характер. Все более оживленным становится обмен мнениями по вопросам искусства, литературы и живописи.

Одним из увлечений Рамзая в свободное время была живопись, которой он стал заниматься непосредственно под влиянием Оствальда, обратившего внимание на мастерство исполнения его рисунков. Сам Оствальд был талантливым художником, много занимался изучением применения цвета в живописи с научной точки зрения и во время первой мировой войны, уже будучи в отставке, посвятил все свое свободное время разработке теории смешивания цветов, написав по этому вопросу несколько книг, получивших высокую оценку английских ученых. Оствальд охотно делился с Рамзаем своими взглядами на теорию цвета и уговаривал его заняться этой увлекательной с его точки зрения проблемой.

В 1895 г. Рамзай получил от Оствальда набор красок и провел первые опыты по изучению цветов. «Краски оказались для меня приятным сюрпризом, — писал Рамзай Оствальду, — я уже провел эксперимент и выяснил, что не так-то просто найти правильные тона. Однако после небольшой практики и я должен научиться. Мне кажется, что сейчас я больше внимания обращаю на форму, чем на цвет. Я могу нарисовать любой тип лица, но зачастую убеждаюсь, что нарисованное очень напоминает безжизненную гравюру, портрет, лишенный живых красок» [5, стр. 159, 160].

В другом письме Рамзай писал: «Краски моря и гор невероятно легки и красивы, и я надеюсь в недалеком

будущем послать Вам одну из наиболее удачных работ. Пока работа в масле дается мне с большим трудом, но постепенно овладеваю и этим искусством. Первая работа оказалась просто безобразной, а краски совершенно ненатуральными. Однако со временем я нашел правильную комбинацию красок и в конце концов получилось не так уж плохо. Мне удалось побывать в Балхолме у Даля, который довольно много рассказал мне о различных приемах смешивания красок» [5, стр. 160].

В ноябре 1898 г. Оствальд вместе с женой посетил Англию и был гостем Рамзая, который, вскоре после его отъезда, писал Файфу: «Из всех тех, кого я когда-либо знал, Оствальд, вероятно, самый блестящий человек: он обладает быстрым умом и всегда полон замечательных идей» [5, стр. 184].

В декабре того же года Рамзай получил приглашение Немецкого химического общества прочитать лекцию «О новооткрытых газах и об отношении их к периодическому закону», и вскоре выехал в Берлин, где несколько дней был гостем Эмиля Фишера. Рамзай также посетил Лейпциг, где был радушно принят Оствальдом. Уже через несколько дней Рамзай смог написать Фишеру: «Я провел несколько счастливых дней с Оствальдом. Его студенты организовали рождественский вечер и в качестве рождественского подарка преподнесли мне макет химической лаборатории, сделанный из набора игрушечной кухни, с крошечными сосудами, ретортами, горелками и т. д. Кроме этого, мне был подарен термостат Оствальда. Они выразили надежду, что я смогу поработать в этой лаборатории и открыть другие инертные газы» [5, стр. 184].

Следующая встреча с Оствальдом состоялась во время поездки Рамзая на собрание Германской ассоциации в сентябре 1903 г. «Оствальд сказал мне, что получил удовольствие от недавно предпринятой им поездки в Америку. Он довольно хорошо выглядит, но его волосы стали совершенно седыми. Он собирается вскоре покинуть кафедру и посвятить себя исключительно вопросам живописи и философии. Оствальд получает довольно приличный доход от своих книг. Между прочим, Оствальд сказал мне, что выдвинут кандидатом на получение Нобелевской премии» [5, стр. 231—232].

Последнее письмо Рамзая к Оствальду датировано



Леди Рамзай и сэр Вильям Рамзай

11-м февраля 1914 г. По утверждению Тилдена, дружба двух великих ученых была прервана с началом первой мировой войны: их разделило чувство национального патриотизма.

Кроме Оствальда и Фишера Рамзай установил контакты с некоторыми французскими химиками. В марте 1894 г. он был приглашен в Париж, где встретился с М. Бертло, который познакомил Рамзая с редкими древнегреческими манускриптами, содержащими описание некоторых химических процессов. Позже Рамзай еще несколько раз встречался с Бертло. Тогда же он близко познакомился с А. Муассаном и Ф. Раулем — профессором из Гренобля. Рамзай побывал также в лаборатории Луи Пастера. В Париже он был гостем профессора органической химии Сорбоннского университета Ш. Фриделя, известного как автора реакции Фриделя — Крафтса.

В ноябре 1900 г. Рамзай вместе с супругой поехал в Индию, куда его пригласили в качестве советника комиссии, основанной для организации университета в одном из городов Индии. Рамзай внес предложение первоначально изучить состояние образования и промышленности в Индии, а затем уже обсудить в комиссии и правительстве характер и направление деятельности университета и выбрать наиболее подходящее для него место. С этой целью Рамзай, вместе с другими членами комиссии, посетил ряд городов Индии, где ознакомился с университетами, школами, фабриками и другими учреждениями. После всестороннего анализа и сопоставления различных данных (экономического и политического характера) решено было основать новый университет (институт) в г. Бангалоре. Основная цель института — развитие национальной промышленности на научных основах²⁶.

Из Индии Рамзай вернулся в феврале 1901 г. Летом этого же года он принимал участие в заседаниях Британской ассоциации, где сделал доклад об инертных газах. В ноябре он поехал в Париж для участия в юбилее М. Бертло.

В июне 1902 г. король Англии Эдвард VII вручил Рамзаю почетную награду — орден Бани. С этой награ-

²⁶ С 1906 по 1914 г. директором этого института был профессор М. В. Траверс — ученик и ближайший сотрудник Рамзая.

дой одновременно присваивалось дворянское звание: Рамзай приобрел новый титул и отныне стал сэром Вильямом, а его супруга — леди Рамзай.

В июне 1903 г. Рамзай принял участие в работе Конгресса по прикладной химии в Берлине, а в июле — присутствовал на годовом собрании Общества химической промышленности в Брэдфорде и был избран президентом общества на следующий 1904 г.

В сентябре 1903 г. Рамзай вновь посетил Германию для участия в собрании Германской ассоциации, где ему и А. Муассану вручили медаль Гофмана²⁷. Несколько дней Рамзай провел у своего друга — Оствальда на его даче «Энергия»²⁸.

В сентябре 1904 г. Рамзай участвовал в годовом собрании общества химической промышленности, которое открылось 8 сентября в Нью-Йорке, в Колумбийском университете.

На годовом собрании, по традиции, был зачитан президентский адрес: «Вопросы подготовки химика и некоторые предложения о методах и практике, путем которых наука и люди науки могут оказаться полезными промышленности».

В своем сообщении Рамзай заявил, что подготовка истинных исследователей лучше всего может быть достигнута воспитанием у них особого качества, названного Рамзаем «духом изобретательства». По мнению ученого, наилучшая тренировка будущих химиков достигается прежде всего путем примера. А это означает, что каждый исследователь, от профессора до ассистента, должен принимать участие в практической лабораторной работе. Рамзай, однако, предостерег от излишнего увлечения преподаванием химии, так как, по его мнению,

²⁷ Эта медаль была учреждена в 1888 г. по случаю 70-летия со дня рождения А. Гофмана — крупного немецкого химика-органика, но впервые была присуждена в 1903 г. на Международном конгрессе прикладной химии в Берлине. В своей речи, посвященной Муассану, прочитанной в 1912 г., Рамзай говорил о нем как об одном из своих лучших друзей. Они вместе получили медали на Конгрессе прикладной химии в 1903 г. в Берлине, и Рамзай восхищался речью Муассана, произнесенной после вручения медалей.

²⁸ Дача «Энергия» и лаборатории, в ней устроенные, лесистый парк — все это очень понравилось Рамзаю. С этих пор мечта устроить нечто подобное у себя где-нибудь под Лондоном не покидала его.

существо научного прогресса заключается в «хорошо испытанном методе проб и ошибок». Правда, этот метод сопряжен с некоторыми издержками, в частности с большими потерями времени, но в конечном счете это вознаграждается открытиями. Рамзай считал, что необходимо всемерно поощрять исследовательскую работу среди младшего персонала школ и колледжей, создавая для этого необходимые условия и изыскивая резервы времени.

Каждый профессор, руководитель лаборатории должен хорошо знать тематику научных исследований своих сотрудников. Для того чтобы это условие было соблюдено, численность сотрудников лаборатории не должна превышать 40—50 человек. Большую часть времени профессор должен посвящать научной работе. Далее Рамзай выразил мнение, что настало время для пересмотра всей системы присуждения университетских степеней: «Чем старше я становлюсь, тем меньше полагаюсь на университетские степени, как на свидетельство о научных способностях».

После окончания собрания Общества химической промышленности Рамзай выехал в Филадельфию для участия в работе Американской ассоциации и оттуда — в Вашингтон, где встретился со своим старым другом Ф. Кларком, автором известной книги «Естественные константы Кларка» (Clarke's Constants of Nature).

В октябре 1904 г. Рамзай выехал в Сан-Луис для участия в работе Конгресса по науке и искусству, где сделал сообщение, посвященное периодической системе элементов. Он изложил свои взгляды на многие актуальные проблемы, волновавшие химиков того времени. Среди наиболее важных задач Рамзай назвал еще нерешенную, по его мнению, проблему классификации элементов и их соединений: «Фундаментальная проблема неорганической химии все еще связана с классификацией элементов и их соединений. Однако какие бы изменения в наших знаниях ни произошли в будущем, великое обобщение Ньюландса, Лотара Мейера и Менделеева всегда будет занимать в химической науке выдающееся место» [4, стр. 176].

Говоря о непостоянстве атомных весов элементов, Рамзай заявил, что «теперь становится очевидным, что попытки объяснить непостоянство атомных весов мате-

математическим путем не удалось и что мало вероятно, что такое объяснение будет найдено в будущем, какой бы сложной ни была математическая формула» [5, стр. 236].

Рамзай, однако, считал, что это непостоянство возможно объясняется экспериментальными ошибками и привел в качестве примера определение атомного веса азота, выполненное в его лаборатории Р. Витлоу-Грэй, который нашел, что удельный объем этого газа при очень низком давлении составляет 14,01, в то время как Дж. Стас, используя гравиметрические методы анализа, нашел его равным 14,03.

Далее Рамзай вновь вернулся к вопросу, выдвигавшемуся в 1882 г. Рэлеем: «Приводят ли физические и химические методы исследования к одним и тем же значениям физических констант?»

В конце своей речи Рамзай кратко коснулся недавних открытий в области радиоактивности и, в частности, остановился на работах М. и П. Кюри и Э. Резерфорда, а также на экспериментах по радиоактивному распаду эманации радия с образованием гелия, выполненных им совместно с Ф. Содди. Также излагались эксперименты по физико-химическим изменениям в стекле под действием радиоактивных лучей радия.

Заслуживает внимания высказанная в этом докладе идея, что «концентрированная энергия», выделяющаяся при радиоактивных изменениях, может быть использована для атомной полимеризации.

Мы знаем, что эта идея была реализована только через 50 лет. Этот пример указывает на силу научной фантазии Рамзая, которая фактически являлась пружиной многих его успехов, но также и неудач.

В Америке Рамзай посетил несколько восточных штатов, ознакомился с работой различных американских университетов. Все это, по его словам, было «весьма интересным и поучительным» [3, стр. 34].

В середине октября 1904 г. Рамзай вернулся домой и продолжил прерванные экспериментальные работы. В ноябре он получил весьма приятное известие — ему была присуждена Нобелевская премия по химии за открытие благородных газов. В декабре Рамзай вместе с супругой поехал в Стокгольм, где в торжественной обстановке король Швеции вручил ему премию.

Одновременно с ним Нобелевскую премию по физике

получил лорд Д. Рэлея, а по медицине и физиологии — русский ученый профессор И. П. Павлов. Вскоре после присуждения премии шведская почта отметила это событие выпуском специальной памятной марки стоимостью 40 эре, на которой изображены Рамзай и Павлов.

Небезынтересно отметить, что кандидатуры на присуждение премии предлагаются Нобелевскому комитету Шведской Академии наук строго ограниченным числом лиц. Имя Рамзая выдвинул лорд Эвбури — член Шведской академии. Его предложение было поддержано рядом ведущих английских химиков.

Совершенно независимо кандидатура Рамзая была предложена пражским проф. Б. Браунером, который в своем обосновании указал, что «особой заслугой Рамзая является открытие целой недостающей группы элементов в периодической системе Менделеева, а также получение гелия из или через посредство эманации радия».

В своем письме из Стокгольма от 9 декабря 1904 г., адресованном Файфу, Рамзай писал: «В 9³⁰ утра мы прибыли в Стокгольм. Было очень холодно и термометр показывал намного ниже нуля. Нас встретила депутация, которая провела нас в гостиницу, где мы увидели лорда Рэлея, прибывшего на сутки раньше, а также другого нобелевского лауреата — русского физиолога по фамилии Павлов, приехавшего в Стокгольм с женой. День мы провели в обществе знаменитого математика Г. Миттаг-Леффлера, который, как выяснилось, являлся большим другом знаменитой русской женщины-математика, о которой так много говорили в прошлом году²⁹. Завтра начинаются церемонии, и в 10³⁰ мы все должны получить премии из рук самого короля».

27 декабря Рамзай сообщает Файфу о своем визите королю Швеции Оскару: «Мы великолепно провели эту неделю и были в обществе многих знаменитостей, включая короля Оскара. Старый король оказался очень гостеприимным, пригласил лорда Рэлея и меня в свою комнату и показал нам все свои достопримечательности, включая портреты своих сыновей и реликвии Густава Адольфа и Чарльза XII» [4, стр. 180].

²⁹ Имеется в виду Софья Ковалевская, которая в течение нескольких лет была профессором математики Стокгольмского университета.

В нобелевской лекции, прочитанной 12 декабря, Рамзай рассказал о своем научном пути и об исследованиях, проводившихся им до открытия инертных газов ³⁰. По словам Рамзая, в этот период им проводился поиск наиболее привлекательных и перспективных путей научного исследования, накапливались теоретические познания и практический опыт лабораторного исследования.

Рамзай останавливается на некоторых наиболее важных с его точки зрения направлениях научной работы: «Когда я был ассистентом в Глазго, мне пришлось в голову, что наилучший метод определения объемов жидкостей заключается в использовании паров жидкостей, кипящих при атмосферном давлении. В последующем эти работы привели к изучению критических явлений. ...В Бристоле я провел ряд экспериментов по изучению взаимодействия азота с водородом и кислородом. Результаты их оказались отрицательными и опубликованы не были. Тем не менее именно благодаря этому неудачному эксперименту мне пришлось прочитать описание классического опыта Кавендиша по взаимодействию азота и кислорода.

В книге о жизни Кавендиша, опубликованной в 1849 г., против абзаца о пропуске электрического заряда через смесь азота и кислорода я сделал пометку: «обратить внимание?». Возможно именно воспоминание об этом привело меня к мысли объяснить лорду Рэлею причину высокой плотности его атмосферного азота» [21, стр. 69].

Говоря о многих высоких научных наградах, которые он получил, Рамзай писал: «Самое дорогое в них для меня то, что в них проявилось признание тех из моих современников, которые всего лучше могут судить о моей работе. Нет в мире большей радости, чем признание наших друзей» ³¹ [3, стр. 40].

В 1903—1909 гг. Рамзай совместно с сотрудниками выполнил серию работ по изучению явления радиоактивности. Здесь наибольшим успехом было открытие со-

³⁰ Полный текст этой речи дан в Приложении.

³¹ С 1906 г. Рамзай — почетный член Русского физико-химического общества. В 1913 г. он избирается в почетные члены Петербургской Академии наук. Это сообщение Рамзай встретил, по словам П. И. Вальдена, с «неподдельной радостью».

вместно с Ф. Содди (1904 г.) превращения эманации радия в гелий и установление (1909 г.) точного атомного веса радона (нитона).

Наряду с интенсивной экспериментальной работой ученый занимается активной литературной деятельностью, в частности в области популяризации науки. В эти годы им написан ряд статей и научно-популярных очерков для широкого круга читателей.

В 1904 г. Рамзай выпустил небольшую книжку «Введение в изучение физической химии» (Introduction to the Study of Physical Chemistry) [22], переведенную в 1908 г. на немецкий, а в 1910 г. на русский язык⁴². В общедоступной форме в ней изложены основы физической химии в их историческом развитии. По мнению Рамзая, «очень трудно точно отмежевать друг от друга в царстве наук те две области, которые занимают физика и химия» [22, стр. 1]. Возникновение физической химии автор относит не к 80-м годам XIX в., а к более раннему времени, когда появились работы Гей-Люссака, Берцелиуса, Гротгуса, Дэви, Авогадро и др., т. е. к самому началу XIX в.

Возникновение термохимии как самостоятельной науки Рамзай связывал с основополагающими работами Г. Гесса, Ю. Томсена и М. Бертло; электрохимии — с исследованиями Л. Гальвани, А. Вольта, Г. Дэви, Т. Гротгуса, Я. Берцелиуса, М. Фарадея.

В своих статьях и выступлениях на различные научные темы Рамзай часто поднимал и затрагивал общие историко-научные и теоретико-познавательные проблемы.

«На каждой ступени нашего знания,— указывал Рамзай,— создавались теории о конечной природе вещества и каждая из них сменялась новыми, в чем-нибудь отличавшимися от прежних. Благодаря этим теориям достигались более ясные и обстоятельные представления об истинной природе вещей, окружающих нас. Нельзя думать, что мы когда-нибудь достигнем предела, ибо человеческому уму свойственно стремление Фауста: «Zwar-

⁴² В. Рамзай. «Введение в изучение физической химии». Одесса, 1910 г. Книга вышла под редакцией проф. П. Г. Меликова, который писал: «Мы уверены в том, что лица, интересующиеся успехами естествознания, извлекут при чтении этой небольшой, но весьма содержательной книги много полезных и солидных сведений».



Вильям Рамзай в Шотландии

weiss ich viel, doch möcht'ich alles wissen» (Хотя я знаю много, но стремлюсь узнать все.— Ю. С., Л. П.).

Однако мы верим, что хотя наше знание никогда не достигнет предела, все же с течением веков оно будет все больше и больше приближаться к вечной своей асимптоте» [23, стр. 180—181].

Рамзай с интересом изучал историю химии и знакомил своих слушателей с жизнью и деятельностью выдающихся ученых. В 1908 г. Рамзай опубликовал книгу: «Очерки биографические и химические», посвященную жизни и деятельности Р. Бойля, Г. Кавендиша, Г. Дэви, Т. Грэма, Д. Блэка³³, лорда Кельвина, М. Бергто.

«Пусть пример их жизни,— говорил Рамзай,— послужит путеводной звездой для тех из нас, которые захотели бы следовать за ними, хотя бы в большом отдалении» [3, стр. 63].

При этом он указывал, что хотя и трудно, но необходимо «усвоить их метод мышления... если мы хотим познать, как развивалась наша наука» [3, стр. 45]. Но с другой стороны, Рамзай говорил, что «необходимо постараться, чтобы каждый ребенок понял, хотя бы и самым элементарным образом, каким путем из наблюдений и опыта были достигнуты полезные заключения; ибо только таким образом можно до известной степени, по крайней мере, освободиться от рабства перед интеллектуальными авторитетами» [3, стр. 60].

Написанная с увлечением, живо рисующая жизнь замечательных ученых книга Рамзая получила широкую известность.

В 1908 г. Оствальд перевел на немецкий язык первую историческую часть книги Рамзая «Очерки биографические и химические» (Essays biographical and chemical), изданную на немецком языке под заглавием: «Прошлое и будущее химии» (Vergangenes und künftiges aus der Chemie)³⁴. По просьбе Оствальда Рамзай написал специально для немецкого издания свою автобиографию. В 1909 г. появился русский перевод (с немецкого) этой книги под названием: У. Рамсей — В. Ост-

³³ Жизнью и деятельностью Джозефа Блэка как одного из основателей пневматической (газовой) химии Рамзай особенно интересовался. В 1918 г. уже после смерти Рамзая вышла его книга: «The Life and Letters of Joseph Black» (London).

³⁴ В 1913 г. вышло второе издание этой книги.

вальд. «Из истории химии» (СПб., изд-во «Образование»).

Когда в 1908 г. в Лондоне вышла книга Рамзая «Очерки биографические и химические», ее сразу же прочитал В. И. Ленин. Из этой книги он сделал несколько выписок, которые составили последнее примечание к пятой главе «Новейшая революция в естествознании и философский идеализм» книги «Материализм и эмпириокритицизм». В этом примечании В. И. Ленин писал: «Знаменитый химик Уильям Рамсэй говорит: «Меня часто спрашивали: разве электричество не есть вибрация? Как же можно объяснить беспроводный телеграф передвижением маленьких частиц или телец (корпускул)? — Ответ на это состоит в следующем: электричество есть *вещь*; оно *есть* (курсив Рамсэя) эти маленькие тельца, но когда эти тельца отлетают от какого-либо объекта, то по эфиру распространяется волна, подобная волне световой, и эта волна утилизируется для беспроводного телеграфа» (*William Ramsay. «Essays Biographical and Chemical»*. Lond., 1908, p. 126). Рассказав о превращении радия в гелий, Рамсэй замечает: «По крайней мере, один так называемый элемент не может уже теперь быть рассматриваем как последняя материя; сам он превращается в более простую форму материи» (p. 160). «Почти несомненно, что отрицательное электричество есть особая форма материи, а положительное электричество есть материя, лишенная отрицательного электричества, т. е. есть материя минус эта электрическая материя» (176). «Что такое электричество? Прежде думали, что есть два рода электричества: положительное и отрицательное. В те времена нельзя было ответить на поставленный вопрос. Но новейшие исследования делают вероятным, что то, что привыкли называть отрицательным электричеством, есть на самом деле (really) субстанция. В самом деле, относительный вес его частиц измерен; эта частица равняется, приблизительно, одной семисотой доле массы атома водорода... Атомы электричества называются электронами» (196). Приведя эти выдержки из книги Рамзая, В. И. Ленин далее писал: «Если бы наши махисты, пишущие книги и статьи на философские темы, умели думать, то они поняли бы, что выражение: «материя исчезает», «материя сводится к электричеству» и т. п., есть лишь гносеологически-беспомощное выражение той

истины, что удастся открыть новые формы материи, новые формы материального движения, свести старые формы к этим новым и т. д.»³⁵.

Следует сказать, что некоторое время Рамзай разделял энергетическое учение Оствальда и высоко ценил его книгу «Натурфилософия», в которой последовательно проводилось это учение. Но можно полагать, что эта симпатия к энергетизму была вызвана в большей степени личной дружбой с Оствальдом, чем глубоким внутренним убеждением ученого, активно занятого как раз в то время исследованием явления радиоактивности и разработкой электронных представлений.

В письмах и при встречах с Оствальдом Рамзай неоднократно обсуждал с ним основы атомистического и энергетического учения. При этом он говорил Оствальду: «Я считаю, что в основном Вы правы, но я воспринимал бы это как большое неудобство, если бы мне пришлось, при преподавании и работе, отказаться от атомов». В 1905 г. вышел немецкий перевод книги Рамзая «Современная химия», в основу которой положено атомистическое учение. Реферируя эту книгу, Оствальд писал: «Исходя из этой точки зрения и написана эта книга, адресованная начинающему химику, которая сделает понятным ему отвлеченный ремесленный инструмент практической атомистики» [24, стр. 254—255].

В 1908 г. Рамзай написал небольшую книгу «Элементы и электроны» [23] с целью «дать очерк последовательного развития атомно-молекулярной теории».

Время увлечения энергетическим учением Оствальда у Рамзая кончилось, и он уже как активный сторонник атомно-молекулярного учения отмечал, что «энергетическое представление о природе вполне совместно с фактами, хотя оно не содействует ясности представлений и не позволяет предсказать новых явлений, как это делает атомистическая точка зрения» [23, стр. 19].

«Существование молекул и атомов может быть выведено не только на основании изучения чисто химических свойств их, но и на основании физических признаков газов, рассмотрение которых подтверждает атомистическую гипотезу» [23, стр. 101].

И далее:

³⁵ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 331—332.

«Видевший хотя бы однажды опыт Перрэна и Вильсона, получит глубокое убеждение в реальности существования молекул и электронов» [23, стр. 151].

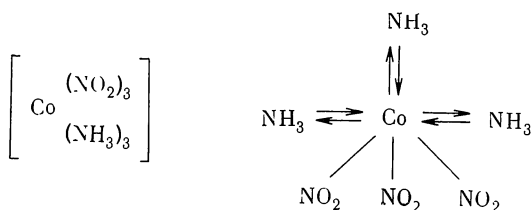
Рамзай внимательно следил за развитием электронных представлений в химии и в последние годы своей жизни опубликовал ряд работ о роли электрона в химии.

В 1908 г. в речи «Электрон как элемент»³⁶, произнесенной по случаю вступления на пост президента Химического общества в Лондоне, Рамзай сделал интересную попытку связать строение некоторых соединений (простых и комплексных) с электронной теорией [25]. Он ясно отдавал себе отчет, что после открытия электрона и установления учения о сложном строении атома химии стоят перед необходимостью решения следующих вопросов: «Какой механизм мог бы дать нам понятие о процессе соединения двух атомов? Проникают ли они один в другой? Не являются ли атомы вихревыми кольцами и не состоит ли их соединение в том, что кольца начинают обращаться одно вокруг другого?» [25, стр. 777]. Он рассматривал электрон как «атом отрицательного электричества, обладающий массой, существующий как в свободном виде, так и в виде соединений с элементами, и играющий роль связующего звена между обыкновенными атомами» [25, стр. 778]. Число электронов при данном атоме соответствует его валентности.

Для объяснения переменной валентности Рамзай предположил, что число валентных электронов, связанных с атомом, может иметь различное значение, не превышая, однако, 8. Соединения натрия с хлором он рассматривал как NaECl , где E — электрон. «Формулу ENa можно представить себе, как шар из натрия, окруженный кольцом электрона; при соединении кольцо отъединяется от шара и образует некоторый слой или подушечку между Na и Cl» [25, стр. 781—782].

Строение комплексных соединений он трактовал следующим образом (см. формулу на стр. 66). Три молекулы аммиака, соединенные непосредственно с атомом кобальта, приобретают от атома Co по электрону и в то

³⁶ Впервые идею рассматривать электрон как элемент выдвинул В. Нернст в 1901 г. Он считал, что «кроме известных уже химических элементов, надо принять еще два новых, образуемых положительными и отрицательными электронами» [26, стр. 65.]



же время возвращают ему по одному электрону. Этот способ связи Рамзай изображал стрелками, указывающими направление, по которому происходит переход электронов.

Через несколько лет Рамзай вернулся к разработке этой гипотезы. Последняя его научная работа «Гипотеза молекулярной конфигурации в трех измерениях» [27] была получена Королевским обществом 1 апреля 1916 г., за четыре месяца до смерти Рамзая.

Статья начинается с выдержки из адреса Рамзая Химическому обществу (1908), в котором он выдвинул идею, что хлорид натрия образуется при реакции натрия с хлором, при которой связью является электрон атома натрия. Работа имеет целью «уточнить эту концепцию». Рамзай выдвигает идею, что атом состоит из электронов и что их удерживает «центральное положительно заряженное ядро». В составе атома имеются электроны, которые могут быть названы «конституционными», и кроме них с каждым атомом могут быть менее прочно связаны один, два, три, четыре или пять электронов (реже 6, 7 и 8), которые определяют валентность атома.

Рамзай суммирует свои выводы следующим образом:

1. Атомы могут быть представлены в виде сферы. При этом орбиты валентных электронов имеют диаметр меньше общего диаметра сферы.

2. Орбиты различных валентных электронов не обязательно должны иметь одинаковый диаметр.

3. Некоторые электроны должны вращаться по часовой стрелке, в то время как другие могут вращаться в противоположном направлении: при этом можно принять, что атомы, в которых электроны вращаются по часовой стрелке, с химической точки зрения являются электроотрицательными и наоборот.

Рамзай, не без успеха, казалось, развивал свою идею общего или поделенного электрона, но вскоре столкнулся с серьезными трудностями при описании водородных связей и связей в молекуле хлора. Какова в действительности молекула водорода: $\text{H}—\text{H}$ или $\text{H}—\text{—H}$?

Взгляды Рамзая сыграли определенную роль в развитии теории химической связи. Г. Н. Льюис в своей книге «Валентность», опубликованной в 1924 г., указывал, что Рамзай впервые предложил термин и идею обобщенного, или общего, электрона.

В марте 1910 г. Рамзай решил уйти в отставку из университетского колледжа.

Ему было в то время 58 лет, и уже ощутимо сказывалась усталость от 25-летней непрерывной профессорской деятельности в колледже.

29 января 1912 г. отставка Рамзая была официально принята ректором университета. В письме к Эмилю Фишеру от 11 февраля 1912 г. Рамзай писал: «Я не знаю, сообщал ли, что в конце года собираюсь выйти в отставку. Бесконечное чтение лекций и руководство студентами весьма утомительно... Теперь я хочу получить несколько лет для самого себя. Я завидую Вашим возможностям частичной отставки, что совершенно невозможно в этой стране». Для характеристики настроения Рамзая этого периода интересно следующее письмо: «В лаборатории очень много посетителей со всех концов света, говорящих на самых разнообразных языках. Однажды утром я насчитал 10 визитеров...» Все это несомненно сказывалось на состоянии Рамзая, и 26 января 1912 года в одном из писем он писал: «Я чувствую, что выполнил свой долг в эти 25 лет» [7].

Вот еще одна выдержка из письма Эмилю Фишеру от 11 марта 1913 г.: «Я нахожу, что быть полновластным хозяином времени весьма приятно. В первую очередь я могу не заботиться о литературе. Я читаю только те работы, которые меня интересуют и притом я не читаю их так внимательно, как приходилось раньше, а только бегло просматриваю лишь то, что могу легко усвоить. Но больше всего меня удовлетворяет, что не приходится читать ежедневную утреннюю лекцию в 9 часов. У меня теперь есть время просматривать утренние газеты...» [7].

Рамзай был по своему характеру энергичным человеком, этому отвечали его прекрасные физические данные. Однако напряженная, зачастую нервная работа возымела свое. В возрасте 60 лет Рамзай уже был стариком и больным человеком. Тем не менее, Рамзай, будучи по натуре деятельным человеком, не мог оставить научную и общественную работу. Немало ярких страниц его общественной жизни связано с работой в Британской ассоциации, Президентом, которой он был избран в 1911 г.

При открытии Британской ассоциации в Портсмуте Рамзай выступил с докладом, в котором дал обзор развития науки, начиная с 1250 г., когда Роджер Бекон определил экспериментальную науку как имеющую три преимущества по сравнению с другими науками: во-первых, экспериментальная наука проверяет выводы путем прямого эксперимента, во-вторых, вскрываются истинные связи, которые другие науки не могут достичь, и, в-третьих, исследуются «секреты природы, открывая знания о прошлом и будущем». Говоря о слабой организации науки в XVII—XVIII вв., Рамзай упоминает о создании в середине XVII в. Королевского общества, затем — о создании на его основе Линнеевского и Геологического общества и позже — других организаций. Логически это приводит к развитию прикладных наук, повышению общественного интереса к научному прогрессу, расширению преподавания естественных наук в школах и университетах. Рамзай высоко оценивал систему технического образования, принятую в Америке, Канаде и Германии, где образование носит «империальный» характер. «Вместо того, чтобы иметь полдюжины первоклассных институтов университетского уровня, мы располагаем сотней, которые готовят не капитанов промышленности, а скорее рядовых работников и десятников. Эффективные капитаны не могут быть заменены даже большим количеством хороших капралов».

Далее Рамзай от общих вопросов перешел к изложению прогресса в той области науки, в которой он наиболее сильно заинтересован, а именно в химии, и дал характеристику своим собственным работам по изучению явления радиоактивности.

После ухода из университетского колледжа Рамзай продолжал работать в своей лаборатории на Честер Террейс. 1 апреля 1914 г. он записал в своей тетра-



Вильям Рамзай на даче в Бичкрофте

ди: «Разобрал приборы для переезда в Бичкрофт»³⁷. По переезде в Бичкрофт Рамзай устроил свою последнюю лабораторию, в которой проработал до конца жизни. Лаборатория, как обычно, состояла из оборудования для работы с газами: насос Теплера — Антропова, аппараты для создания электрического разряда, приборы для наполнения вакуумных трубок и т. д.

14 августа Рамзай заносит в лабораторный блокнот: «Эксперименты по ферментации бутиленовой кислоты». Рамзай некоторое время интересовался процессом, основным на ферментации для производства бутилена, который мог бы быть полимеризован в каучуковидное вещество.

Представляет интерес запись: «Эксперименты с ацетилцеллюлозой для покрытий самолетов» (последние были несомненно связаны с военными потребностями).

В начале 1915 г. Британскому адмиралтейству было предложено использовать гелий для воздушных кораблей типа цеппелинов. По-видимому, в связи с этим Рамзай возобновил исследования природного газа (в том числе полученного из американских месторождений) и, кроме этого, провел ряд опытов по изучению прочности материалов для оболочек воздушных кораблей и утечки газов через эти материалы.

В июле 1915 г. Рамзай изучал производство люминесцентного сульфида цинка.

Последняя научная работа была опубликована Рамзаем в 1916 г. В эти годы он продолжал активно интересоваться общественными и научными проблемами, поддерживал переписку со своими старыми друзьями.

В конце 1915 г. Рамзаю была сделана операция, которая не принесла ему облегчения. 23 июля 1916 г. Рамзай скончался.

³⁷ Вблизи Лондона, в красивой местности, Рамзай приобрел земельный участок, где построил дачу и небольшую химическую лабораторию. Все это было оборудовано по продуманному плану. Мечта Рамзая уехать из шумного Лондона и работать в собственной лаборатории на даче, так же как Оствальд в «Энергии», наконец сбылась.

Физико-химические исследования

В 70-х годах XIX в. внимание многих физиков и физико-химиков было обращено на изучение фазового равновесия, которое наблюдается при критических явлениях, когда сосуществующие фазы (например, жидкость и пар) становятся тождественными.

Д. И. Менделеев, один из основоположников учения о критическом состоянии вещества, указывая на важность исследования этих явлений, писал, что «ближайшим средством для успехов молекулярной механики может служить определение сцепления тел потому, что оно, очевидно, стоит в прямом и близком соотношении с мерою взаимного притяжения частиц, а это-то притяжение, конечно, и обуславливает физические и химические явления» [1, стр. 466].

В 70—80-х годах XIX в. появляется серия работ Вандер-Ваальса и его учеников в Голландии, А. Г. Столетова, М. П. Авенариуса и его учеников в России, Дж. В. Гиббса в Америке, Т. Эндрюса, В. Рамзая и С. Юнга в Англии, посвященных изучению критического состояния вещества [2, 3].

Анализируя ход развития исследований критического состояния веществ, Менделеев в 1903 г. писал: «После того, как в начале 70-х годов выработалось понятие о температуре абсолютного кипения и стала очевидной связь ее с отступлениями от закона Бойля-Мариотта, а особенно после сжижения постоянных газов, общее внимание обратилось на усовершенствование основных понятий о газообразном и жидком состояниях веществ» [4, стр. 296]. В числе первых, кто занимался изучением

этой проблемы, Менделеев называет В. Рамзая и С. Юнга, чьи исследования он высоко ценил.

С 1884 по 1895 г. Рамзай и Юнг опубликовали 35 работ, посвященных изучению критических явлений, выяснению взаимосвязи испарения и диссоциации и других проблем фазового равновесия.

В 1886 г. Рамзай и Юнг [5] вывели уравнение

$$r' - r = C(T' - T),$$

где r — отношение абсолютных температур¹ двух жидкостей при любом давлении пара; r' — отношение абсолютных температур двух жидкостей при любом другом давлении пара; T и T' — абсолютные температуры двух жидкостей, соответствующие двум различным значениям давления пара; C — константа.

Иными словами, отвечающие одинаковым давлениям абсолютные температуры кипения двух химически сходных веществ находятся между собою в постоянном соотношении. Если давление пара вещества А известно в широкой области температур, а значение давления пара для вещества В известны для двух или более температур, значение C может быть определено при помощи линейного графика, полученного из функции $r=f(T_0)$. Несколько значений r вполне достаточно для приблизительного определения давления пара вещества В в широком интервале температур. Для пары веществ, как, например, хлор- и бромбензол, значение $C=0$, $r'=r$ при всех давлениях, а соотношения продуктов $(dP/dT)T$ также равны при всех давлениях. Поэтому, используя в качестве эталона такие вещества, как вода или спирт, и определяя экспериментально значения для В и воды для двух или большего значений давления, можно по

¹ Абсолютная температура — термодинамическая характеристика равновесного состояния, являющаяся мерой интенсивности теплового движения. Соответствующая шкала, названная абсолютной термодинамической температурной шкалой, имеет отсчет от абсолютного нуля — 273,15° С. В честь английского физика Томсона (лорда Кельвина) градус этой шкалы называют градусом Кельвина и обозначают °К. Одним из важных преимуществ абсолютной шкалы является то обстоятельство, что она не содержит отрицательных температур, что облегчает проведение расчетов. В то же время градус ее имеет такую же величину, как и градус обычной стоградусной шкалы.

этому уравнению вычислить температуры, соответствующие любому давлению пара.

Уравнение оказалось, таким образом, применимым, в частности, при расчетах давлений пара веществ, используемых для поддержания постоянных температур.

«В настоящее время,—сообщал Рамзай Менделееву,—я занимаюсь константами расширения воды при высоких температурах. Я определяю также давление жидкостей и плотность насыщенного и ненасыщенного пара. Дело почти кончено. Едва ли это будет иметь интерес с точки зрения химии или физики, но точные определения подобного рода очень важны для инженеров» [6, стр. 80].

Примеры практического применения уравнения были опубликованы Рамзаем и Юнгом в феврале 1886 г. [7]. Данные Рамзая и Юнга нашли подробное освещение в известных учебниках по физической химии В. Нернста, В. Оствальда, Г. Джонса и др.

В своем письме-ходатайстве, поддерживающем кандидатуру Рамзая на пост руководителя кафедры химии университетского колледжа, Оствальд особо отмечал, что «среди великих проблем, которые на протяжении веков привлекали внимание людей науки, одной из важнейших являлась проблема взаимосвязи температуры и давления пара. Со времени опубликования классических работ А. Реньо этими вопросами практически никто не занимался, вероятно в результате абсолютной уверенности в точности его данных и надежности применявшихся им методов. Любое повторение его работ казалось ненужным, а любое развитие их невозможным.

Профессор Рамзай в сотрудничестве с Юнгом уделил внимание этой знаменитой проблеме и своими трудами значительно приблизил ее окончательное решение. Им предложены новые и исключительно оригинальные методы исследования, применение которых дало возможность выяснить взаимосвязь между температурой и давлением. Таким образом, оказалось возможным подтвердить предсказание Кирхгофа (противоречащее экспериментальной работе Реньо), что твердая и жидкая фазы одного и того же вещества при одной и той же температуре имеют различные значения давлений их паров. Точные измерения Рамзая позволили вывести исключительно простое и плодотворное уравнение, свя-

зывающее давления паров разных веществ, что дает возможность определить давление пара любого данного вещества путем двух изолированных наблюдений.

...Я без малейшего колебания утверждаю, что с тех пор, когда к изучению паров были применены законы термодинамики, не появилось работ, которые были бы сравнимы с исследованиями Рамзая» (архив Рамзая, Лондон).

По мнению В. Нернста, «для того, чтобы глубже проникнуть в соотношения между летучестью и химическим составом вещества, целесообразно пользоваться удобной формулой Рамзая и Юнга» [8, стр. 278—279].

Полученное Рамзаем и Юнгом уравнение оказалось, однако, неприменимым в широком интервале давлений для случая диссоциирующих соединений и веществ, содержащих гидроксильную группу, таких, например, как вода, спирты и жирные кислоты.

В 1887 г. Рамзай и Юнг опубликовали ряд работ [9], представляющих собой попытку анализа отношения PV/T для различных состояний тела: пар, жидкость — пар, пар — твердое тело, жидкость в широком интервале значений температур, давлений и объемов. Наиболее важное уравнение, открытое ими, выражало зависимость температуры и давления при постоянном объеме:

$$P = bT - a,$$

где b и a — константы, зависящие от объема.

Уравнение оказалось весьма точным для эфира, менее точным — для спирта и еще менее точным — для уксусной кислоты. Однако, определив значения a и b для целого ряда объемов, можно, применяя приведенную выше формулу, вычислить значение изотерм, например, таких веществ, как эфир, и даже для того участка, где система содержит и жидкость и пар, т. е. в критической области.

Работы Рамзая и Юнга впервые указали на непрерывность жидкого и газообразного состояния веществ для всех температур ниже критической точки. Этот вывод явился по существу логическим продолжением и дальнейшим обобщением закономерности, выведенной в 1869 г. английским ученым Т. Эндрюсом и указывав-

шей на непрерывность жидкого и газового состояний веществ в критической точке.

В 1884 г. появилась одна из самых значительных физико-химических работ Рамзая, выполненная совместно с Юнгом [10].

Авторы впервые изучили химическую реакцию $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ и причины смещения химического равновесия в ту или иную сторону. Что же нового внесла эта работа в важнейшую проблему изучения и получения аммиака из элементов? Во-первых, Рамзай и Юнг впервые установили реальное существование химического равновесия в реакции $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, что имело важное значение для последующего изучения условий смещения этого равновесия вправо, т. е. для синтеза аммиака. Во-вторых, исследуя разложение аммиака при 500—800° С и атмосферном давлении и используя катализатор на основе железа, авторы убедились, что в этих условиях аммиак не разлагается полностью на элементы. Но обратного соединения азота с водородом, т. е. синтеза аммиака ученым осуществить не удалось. Впоследствии Ф. Габер — известный немецкий физико-химик, осуществивший в 1908 г. синтез аммиака из элементов, — объяснял их неудачу только несовершенством эксперимента. По словам Габера (1920 г.), Рамзай и Юнг «предприняли большие усилия для того, чтобы, исходя из элементов, получить при температуре 800° С следы аммиака, используя железный катализатор. Однако с чистыми газами эксперимент оказался безуспешным. Здесь наблюдался элемент неопределенности, и если бы неясности можно было устранить, то это указало бы на возможность прямого синтеза аммиака из элементов» [11, стр. 334].

Надо сказать, что Рамзай и Юнг разделяли давнюю, но ошибочную гипотезу об особой активности элементов «*in status nascendi*»². Согласно гипотезе азот мо-

² По-видимому, здесь сказалось влияние мнения, высказанного Ю. Либихом. «Во многих случаях, — писал он, — удается получить химическое соединение двух тел, прямо между собой не соединяющихся, приводя их в прикосновение друг с другом в момент, когда одно из них или оба выделяются из других соединений. Состояние, в котором они будут находиться тогда, есть именно состояние, называемое химиками *statuts nascendi*, и познание способов, посредством которых можно заставить тела действовать друг на

жет реагировать с водородом только в момент его выделения (например, при действии железа при высокой температуре на водяной пар). По-видимому, в какой-то мере они оказались в плену этой ошибочной гипотезы и поэтому стремились не столько изменять условия, при которых бы равновесие смещалось вправо, сколько желали получить водород в момент его выделения, ибо только такой водород, по их представлениям, мог реагировать с азотом.

Но основной вывод исследования Рамзая и Юнга о том, что равновесие $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ можно сместить не только в сторону разложения аммиака, но также в направлении и его синтеза, был очень важным, ибо давал положительное заключение о возможности синтеза аммиака из элементов. В те годы это имело немаловажное значение, так как возможность синтеза аммиака из элементов отрицалась многими видными учеными, например Р. Бунзеном.

Можно только сожалеть, что Рамзай и Юнг не продолжили исследование в этом направлении.

В 1889 г. появилась работа Рамзая, посвященная определению молекулярных весов металлов в растворе ртути методом измерения точек кипения ртути в зависимости от добавок металла [13]. Фактически в работе нашел отражение метод определения молекулярных весов, предложенный Раулем.

Результаты работ, выполненных ранее с Юнгом, показывали, что молекулярный состав ртути должен быть одинаков в газовом и жидком состоянии. Г. Кундт и Е. Варбург в 1876 г. установили, что для паров ртути отношение удельных теплот составляет $c_p/c_v = 1,67$, что доказывало одноатомность ртути в паровой фазе. (Этот ход рассуждений был впоследствии использован для доказательства одноатомности аргона.) Логично было предположить, что в жидкой фазе ртуть также является одноатомной. Далее, используя аналогию между состоянием вещества в разбавленных растворах и газах при умеренных давлениях и умеренно высоких температурах, аналогию, которая, по выражению Рамзая, «бы-

друга в выделенном состоянии, есть вообще одна из важнейших потребностей искусства получать химические соединения» [12, стр. 146].

ла так прекрасно разработана Я. Вант-Гоффом», ученый смог вычислить молекулярные веса растворенных металлов при помощи простой формулы

$$M_{\text{Me}} / M_{\text{Hg}} = X \cdot P / 100 \cdot d,$$

где M_{Me} — молекулярный вес металла; M_{Hg} — молекулярный вес ртути; X — вес металла в растворе (в %); P — давление пара ртути; d — понижение давления пара металла.

При выводе приведенной выше формулы Рамзай использовал также, по его собственному выражению, «ясный и неопровержимый вывод закона Рауля о взаимосвязи между молекулярным весом растворенного вещества и давлением пара растворителя». Приняв молекулярный вес ртути равным 200, Рамзай получил значения молекулярных весов металлов, близкие к значениям их атомных весов.

9 марта 1890 г. Рамзай сообщил своей матери о завершении этой работы: «Я собираюсь прочитать сообщение химическому обществу о «Молекулярных весах металлов». Думаю, что это название тебе непонятно, однако это результаты приятной и интересной в химическом отношении работы». 23 марта Рамзай уже смог сообщить: «Работа доложена Химическому обществу и вызвала бурные дискуссии. Мне кажется, я вышел победителем» (архив В. Рамзая, Лондон).

В 1886 г. венгерский физик Л. Этвеш [14], изучив зависимость поверхностного натяжения от температуры, показал, что молярно-поверхностная энергия $\gamma V^{2/3}$ (произведение поверхностного натяжения и молярной поверхности) пропорциональна абсолютной температуре:

$$\gamma V^{2/3} = K (T_{\text{к}} - T),$$

где $T_{\text{к}}$ — температура, при которой $\gamma=0$, т. е. при критической точке константа K должна быть одинаковой для всех соединений, которые не ассоциируют.

Этвеш исходил из предположения, что тела, находящиеся в «соответствующих состояниях» (по Ван-дер-Ваальсу), должны обладать подобными физическими свойствами. Этвеш утверждал, что выведенная им формула указывает на возможность определения молекулярных

весов жидкостей на основе изучения зависимости поверхностного натяжения от температуры.

В начале 90-х годов Рамзай также заинтересовался изучением капиллярных явлений при высоких температурах, что тесно было связано с его предыдущими исследованиями критических состояний вещества. В письме к лорду Рэлею Рамзай писал: «Я экспериментирую с поверхностным натяжением и его зависимостью от температуры. Должен быть простой закон, связывающий эти две величины:

$$\gamma(V^{2/3} - A) = K\tau,$$

где γ — поверхностное натяжение; V — поверхность; A — значение, аналогичное b в выражении $(V - b)$ Ван-дер-Ваальса; τ — температура ниже критической точки» [15, стр. 95].

В 1893 г. Рамзай продолжил исследования этой проблемы совместно с Джоном Шильдсом. Следуя за Этвешем, они определили и вычислили значения $\gamma(MV)^{2/3}$ в зависимости от температур (ниже критической температуры). Поверхностное натяжение γ они вычисляли по формуле:

$$\gamma = \frac{1}{2} rhg (\rho - \delta),$$

где r — радиус капиллярной трубки; h — высота подъема жидкости в ней; g — ускорение силы тяжести; ρ — плотность жидкости при температуре опыта; δ — плотность пара жидкости. Величина h определялась для каждой жидкости в определенном температурном интервале.

Рамзай и Шильдс [16] разработали прибор³ для определения величины поверхностного натяжения, который длительное время применялся в физико-химических лабораториях. Из результатов, полученных ими для различных температур (в интервале 10—240°С), следовало, что формула Этвеша неприменима для таких жидкостей, как этиловый эфир, уксусноэтиловый эфир, четыреххлористый углерод, бензол и хлорбензол. Для

³ Описание данного прибора было приведено, например, в учебных руководствах Г. Джонса «Основы физической химии» (СПб., 1911, стр. 148) и И. И. Котюкова «Физическая химия» (Томск, 1933, т. 1, стр. 319).

этих жидкостей, как показали авторы, приложимо следующее уравнение:

$$\gamma(MV)^{2/3} = C(t - d),$$

где d — значение температуры ниже критической точки (в среднем составляет около 5°); C — константа (для этих жидкостей в среднем составляет около 2,12).

Но различные спирты (метилловый, этиловый и др.), кислоты (уксусная и др.), фенол, вода составляют исключение. Для них величина C не постоянна и меняется от температуры. Вследствие этого произведение $\gamma(MV)^{2/3}$ изменяется не пропорционально температуре. По мнению Рамзая и Шильдса, это можно объяснить только тем, что молекулярный вес жидкости изменяется с температурой, что, в свою очередь, можно объяснить тем, что, молекулы данных веществ при низких температурах ассоциированы, а с повышением температуры они распадаются на простые молекулы. Степень ассоциации X для ассоциированных жидкостей определялась по формуле

$$X = \left(\frac{2,121}{C} \right)^{3/2}.$$

Рамзай и Шильдс, пользуясь этим методом, установили, что молекулы метилового и этилового спиртов представляют собой ассоциаты трех молекул, вода, муравьиная и уксусная кислоты — ассоциаты четырех молекул.

Работа Рамзая и Шильдса привлекла большое внимание многих ученых. Дело в том, что общепринятого способа непосредственного определения молекулярного веса жидкостей в то время не существовало. Закон Авогадро, согласно которому молекулярные веса газов пропорциональны их плотностям, оказался неприменим к жидкостям.

В работах Этвеша, Рамзая и Шильдса были даны первые эмпирические формулы, которые позволяли определять молекулярный вес жидкостей.

8 сентября 1893 г. Рамзай получил из Франции письмо от А. Ле Шателье: «Я прочел с большим интересом ваше определение молекулярного веса жидкостей. Вы оказали бы настоящую услугу химикам, если бы могли

дать теперь столь же точный метод для определения молекулярного веса растворенных тел. Я являюсь, может быть, немного отсталым, но я верю следствиям, выведенным из понижений точек замерзания не более, чем следствиям, выведенным из электропроводности⁴.

Ваши результаты заинтересовали меня особенно потому, что они касаются воды и спирта и дают объяснение аномалии скрытой теплоты испарения, которую я знал, но не предвидел ее причины...

Примите выражение моей преданности А. Ле Шателье» (архив В. Рамзая, Лондон).

По мнению Г. Джонса, «метод поверхностного натяжения дает возможность отличать ассоциированные жидкости от неассоциированных; кроме того, он, по всей вероятности, позволяет нам определять в грубых чертах степень ассоциации, т. е. число простейших молекул, входящих в состав молекулы жидкостей» [17, стр. 152].

Назначение Рамзая руководителем кафедры химии Университетского колледжа в Лондоне совпало с чрезвычайно интересным периодом в истории химии, периодом, который характеризовался рождением новых идей и принципов понимания и анализа химических явлений. Можно, по-видимому, утверждать, что фундаментальные принципы современной физической химии были заложены именно в то время.

В 1887 г. в первом томе Журнала физической химии В. Оствальда и Я. Вант-Гоффа были опубликованы две статьи, которые вызвали среди химиков целую бурю. То была статья Вант-Гоффа «Роль осмотического давления в аналогии между раствором и газами» и статья Аррениуса «О диссоциации растворенных в воде веществ». Статья Вант-Гоффа в 1888 г. была опубликована в Англии, в переводе Рамзая. После этого между Рамзаем и Оствальдом началась переписка, касающаяся новой теории растворов.

В «Автобиографии» Оствальд вспоминал: «Наши отношения с Рамзаем завязались благодаря Журналу физической химии. К этому времени он провел целый ряд

⁴ Это замечание весьма примечательно; оно показывает, что Ле Шателье не был сторонником электролитической диссоциации Аррениуса и скептически относился к физико-химическим работам лейпцигской лаборатории Оствальда.

обширных научных исследований о процессах испарения и сжижения и прислал мне некоторые работы для опубликования. Я попросил его составить для журнала доклад обо всех его работах по этому вопросу. Он мне его дал охотно; я также занимался опубликованием его дальнейших работ» [18, стр. 241].

В начале 1888 г. Оствальд впервые написал Рамзаю, подробно изложив существо проведенного им опыта, который позже стал известен как «решающий эксперимент» Оствальда (*Cruciae experiment*)⁵.

Следует отметить, что Рамзай в этот период еще, по-видимому, не достаточно ясно понимал сущность осмотически-ионной теории растворов. Так, в своем учебнике «Система неорганической химии», касаясь метода определения молекулярных весов, предложенного Раулем, он писал: «Метод был с большим успехом применен к определению молекулярного веса углеродных соединений... однако понижение температуры замерзания воды в присутствии растворенных солей указывает, что имеет место диссоциация солей на составляющие их ионы, т. е. продукты, образующиеся при *воздействии электрического тока*» (подчеркнуто нами.— Ю. С., Л. П.) [19, стр. 89]⁶.

В письме к О. Лоджу Рамзай указывал, что отнюдь не сомневается в существовании свободных ионов, однако, по его мнению, время их жизни чрезвычайно мало и практически определяется скоростью химической реакции. Например, атомы калия и хлора существуют в виде ионов только во время реакции $KCl + H_2O \rightleftharpoons KOH + HCl$.

⁵ Суть опыта заключалась в следующем. Стекланный сосуд с разбавленной кислотой покрывался заземленной оловянной фольгой. Через стеклянную трубку в сосуд опускалась тонкая платиновая проволока так, чтобы конец ее был погружен в кислоту. При подключении тока на конце проволоки наблюдалось образование пузырьков водорода, что, по мнению Оствальда, являлось убедительным доказательством существования в растворе свободных ионов, и, в свою очередь, неоспоримо свидетельствовало в пользу осмотически-ионной теории растворов. Описание эксперимента содержалось в совместной работе Оствальда и Нернста, опубликованной в 1889 г. в Журнале физической химии. Позже этот же эксперимент был вновь с некоторыми видоизменениями описан Оствальдом в его письме к Рамзаю от 17 января 1889 г.

⁶ В книге Рамзая не содержится даже упоминания какой-либо теории электролиза.

4 июня 1888 г. Оствальд в письме к Рамзаю так изложил свои взгляды на теорию растворов: «Электролиз в обычном смысле этого слова приводит к разрядке ионов, которые отдают свое электричество и восстанавливают присущие им свойства. Мы приходим к следующим выводам:

а) Электричество свободно движется в электролитах.

б) В электролитах электричество передается только через посредство ионов.

в) Как следствие этого в электролитах ионы передвигаются свободно» [15, стр. 90].

Рамзай же, в свою очередь, в письмах к Оствальду неоднократно писал, что большинством английских исследователей ионная теория Аррениуса не принимается. По-видимому, это побудило Оствальда провести более детально ряд опытов, поставленных им совместно с Нернстом, чтобы снять всякие сомнения в справедливости теории электролитической диссоциации.

В 1890 г. английские химики С. Пикеринг, Г. Армстронг, В. Фитцжеральд устроили специальное заседание Британской ассоциации в Лидсе, на которое пригласили Вант-Гоффа и Оствальда. Направляясь на заседание, чтобы выступить в защиту новой теории электролитической диссоциации, Оствальд говорил: «Я еду, чтобы проповедовать новое евангелие среди неверующих» [18, т. II, стр. 125].

Дискуссия началась большим докладом Пикеринга «Современное положение гидратной теории растворов» [20]. Выступая против теории Вант-Гоффа и Аррениуса, Пикеринг полагал, что растворитель нельзя считать недеятельной, инертной средой. По поводу теории Аррениуса он говорил, что «теория диссоциации солей на ионы непонятна большинству химиков. Она кажется несовместимой с нашими понятиями об относительном постоянстве различных тел и с принципом сохранения энергии» [15, стр. 92].

Пикеринг считал невероятным, чтобы прочные соединения, образование которых сопровождается значительным выделением тепла, почти полностью диссоциировали в воде. «Как можем мы допустить,—спрашивал он,—что чем прочнее тело, тем оно более склонно быть диссоциированным?» [20, стр. 158].

Из отчета собрания и последующей переписки следует, что оппозиция английских ученых была вызвана непониманием и отрицанием основных положений новой теории растворов⁷.

Представления, развитые Пикерингом, были подвергнуты резкой критике со стороны Оствальда, а также Д. Уокера, который поддерживал теорию электролитической диссоциации. Рамзай, частично защищая гидратную теорию, заявил: «Видимо, можно допустить существование агрегатов наряду с диссоциированными молекулами, где существуют ионы» [15, стр. 92].

Оствальд пространно ответил на возражения, выдвинутые против физических теорий профессором Армстронгом, и показал, что осмотически-ионная теория в целом согласуется с опытом химиков. На его замечание, что химиков вынуждают полагать, что соляная кислота и вода являются веществами совершенно иного рода, Оствальд заявил: «Неужели проф. Армстронг забыл, что чистая соляная кислота, подобно чистой воде, не является проводником электрического тока» [15, стр. 93].

Рамзай не был молчаливым участником дискуссии. Будучи сторонником ионной теории, он поддерживал Оствальда, помогая ему убедительно излагать на английском языке доводы против оппозиции. «Первые дни,— вспоминал Оствальд,— говорили исключительно наши противники, так что до известной степени можно было думать, что мы уже убиты научно. Когда же после продолжительных и оживленных личных споров представители новых идей получили, наконец, слово на публичных заседаниях, картина сразу изменилась, так что мы могли расстаться с нашими хозяевами по-приятельски и не без триумфа» [21, стр. 275].

Выступления сторонников теории электролитической диссоциации привели, как выразился Оствальд, к тому, что «акции континентальных теорий, стоявшие вначале очень низко, явно стали подниматься».

К концу 1892 г., по словам Аррениуса, «Оствальд завоевал Англию на $\frac{3}{4}$. Нынче осенью Оствальд и я отправимся в Эдинбург на съезд естествоиспытателей,

⁷ Интересно отметить тот факт, что ни один из присутствовавших иностранных ученых даже не получил приглашения выступить с изложением основ новой теории.

он — чтобы довершить завоевание, а я — чтобы наконец поведать людям» [22].

Контакты с Оствальдом оказали косвенное влияние на ряд исследований, поставленных в лондонской лаборатории, а некоторые из них были поставлены только благодаря этому контакту. Рамзай не занимался непосредственно теорией растворов, но посвятил часть работ изучению коллоидов. Как мы уже говорили, по предположению ученого, два студента Линдер и Пиктон выполнили исследования коллоидных систем, опубликованные в «Журнале химического общества» под заглавиями: «О некоторых металлических гидросульфидах», «О физическом составе некоторых растворов» и «О растворах и псевдорастворах».

В общем потоке физико-химических исследований конца XIX в. работы Рамзая занимают скромное место. Они касались сложной и трудной проблемы критического состояния вещества, потребовавшей для своего решения затраты большой умственной энергии многих ученых. Но определенный шаг вперед в решении этой проблемы Рамзаем был сделан, хотя установленные им и его учениками закономерности в дальнейшем пришлось модифицировать и более строго термодинамически обосновывать.

Работы Рамзая и его учеников по изучению свойств и молекулярного строения жидкостей имели важное значение для развития теории растворов. В свое время Менделеев указывал на трудности создания количественной теории растворов, возникающие вследствие того, что не решена проблема жидкого состояния. Главная трудность понимания природы растворов зависит от того, как указывал Менделеев, что не существует теории строения жидкостей, разработанной в той же мере, как теория газов: растворы же суть жидкости. Можно сказать, что почти все физико-химические исследования Рамзая посвящены изучению жидкого состояния, сил сцепления. И хотя при этом не было сделано каких-либо принципиально важных теоретических обобщений, но значение их надо видеть в том, что они еще больше привлекли внимание к изучению жидкостей и тем самым продвинули вперед наши знания о природе растворов.

Кроме того, значение описанного нами цикла физико-химических исследований заключается еще и в том, что именно в этот период Рамзаем были накоплены широкие теоретические познания, приобретен значительный опыт экспериментальной работы, усовершенствована методика и техника постановки исследований. Таким образом, были созданы необходимые предпосылки, позволившие ему позднее приступить к исследованиям явления радиоактивности и в особенности к открытию и изучению инертных газов.

III

Открытие инертных газов

После классических работ химиков XVIII в. Блэка, Кавендиша, Пристли, Шееле и Лавуазье,— ознаменовавших бурное развитие пневматической (газовой) химии, в этой области исследований наступило затишье. Кажалось, что все газы атмосферы уже открыты¹, хорошо изучены и нет смысла вновь обращаться к их исследованию.

Но еще в 1785 г. Г. Кавендиш обратил внимание на тот факт, что неизвестно, состоит ли флогистированная часть² воздуха из одного «вида воздуха». Пропуская электрическую искру в течение двух недель через смесь атмосферного воздуха с кислородом в присутствии едкого кали (при этом образовалась двуокись азота, которая с едким кали дала смесь нитрата и нитрита калия), Кавендиш получил, после поглощения избытка кислорода, незначительный остаток, приблизительно $\frac{1}{120}$ часть воздуха. Однако Кавендиш не придал особого значения этому наблюдению, которое уже позже было описано Вильсоном в его книге «Жизнь Генри Кавендиша» [1]. Уже отмечалось, что Рамзай, прочитав ее, на полях против описания старого эксперимента заметил: «разобраться повнимательней»

¹ В 1756 г. был открыт углекислый газ (Дж. Блэк), в 1766 г.— водород (Г. Кавендиш), в 1772 г.— азот (Д. Резерфорд), в 1772—1774 гг.— окись азота, хлористый водород, аммиак (Дж. Пристли), в 1774 г.— кислород (Пристли, Шееле, Лавуазье), в 1796 г.— окись углерода (Пристли).

² «Флогистированный воздух», т. е. насыщенный флогистом и не поддерживающий горение газ; впоследствии выяснилось, что этим газом был азот.

и предложил мисс Вильямс (в Бристоле) повторить эксперимент Кавендиша, однако на этом дело тогда и закончилось (начало 80-х годов).

Проблема новых исследований состава и природы газов возникла и в связи с проверкой гипотезы английского ученого В. Праута. Данные о дробных величинах атомных весов, противоречащие этой гипотезе, можно было объяснить, допустив ошибки в экспериментах по определению атомных весов. Но это допущение требовало проверки, которая могла быть осуществлена лишь при усовершенствовании методов измерения объемов и определения плотности газообразных и парообразных веществ.

Все это было достаточно четко сформулировано в 1889 г. английским физиком Д. Рэлеем³ на одном из заседаний Британской ассоциации. «...Другая область, в которой я хочу сделать несколько замечаний,— сказал Рэлей,— касается закона Праута, согласно которому атомные веса элементов, по крайней мере многих из них, находятся в кратном отношении к весу водорода. Некоторые химики резко возражают против привнесения априорных взглядов и считают, что должны быть приняты те величины атомных весов, которые установлены в результате экспериментов. Другие химики склонны думать, что дробные атомные веса могут быть результатом несовершенства экспериментальных измерений. Эти химики считают, что экспериментальные данные, свидетельствующие против простых чисел, являются недостаточно убедительными. По-видимому, единственным выводом из этого является необходимость дальнейших экспериментов. Именно это привлекает внимание химиков, и мы можем рассчитывать на решение вопроса современным поколением. Пришло время, когда определение плотностей основных газов стало весьма желательным» [2, стр. 100].

В своей первой работе «Об относительных плотностях кислорода и водорода» [4] Рэлей отмечал, что дан-

³ Джон Вильям Стретт (третий лорд Рэлей) (1842—1919 гг.) — один из выдающихся английских физиков конца XIX и начала XX в. С 1879 г. — профессор и директор Кавендишской лаборатории в Кембридже. Основная часть исследований Рэрея была посвящена изучению колебательных и волновых процессов [3]. В 1904 г. ему за эти работы была присуждена Нобелевская премия.

ные о плотности газов недостаточны для прямого определения атомных весов. По его мнению, было необходимо прежде всего выяснить точные объемные соотношения газов. Однако в работе, опубликованной в 1892 г., Рэлей указал на важность определения плотностей основных газов с возможно большей точностью.

В марте 1893 г. появилась новая работа Рэрея «О плотностях основных газов», содержащая подробное изложение экспериментов с водородом, кислородом, азотом и воздухом.

Незадолго до этого, 29 сентября 1892 г., Рэлей опубликовал письмо в журнале «Nature», в котором указывал на существенную разницу в значении плотностей азота, выделенного из воздуха, и азота, полученного при пропускании смеси воздуха и аммиака над раскаленной медной проволокой. «Я озадачен недавними результатами,— писал ученый,— и буду весьма признателен, если читатели предложат объяснение этого несоответствия. Используя два разных метода, я получил совершенно различные значения. Разница составляет около $\frac{1}{1000}$ части и сама по себе невелика, но выходит за пределы ошибок эксперимента и может быть приписана некоторым отклонениям в характере газа» [5, стр. 512].

Рэлей считал, что одно из возможных объяснений могло бы заключаться в предположении, что азот, полученный первым методом, содержит примесь некоторого количества кислорода (по расчетам, не менее 1%). Однако присутствие кислорода установить не удалось (использовался щелочной пирогаллол).

С другой стороны, можно ли, говоря о «более легком» азоте, предположить его загрязнение более легкими газами? Существует весьма ограниченное число газов легче азота, и, по-видимому, возможность присутствия следов воды и аммиака следует полностью исключить. Более вероятно, что примесью является водород, часть которого не реагирует с окисью меди, однако дальнейшие опыты исключили и это предположение.

«Возможно,— заключает Рэлей,— что различие в полученных значениях не зависит от примесей и что объяснение лежит в различном физическом состоянии самого азота, который может быть в диссоциированном состоянии» [5, стр. 512—513].

В книге «Жизнь лорда Рэрея» [6], написанной его



Д. Рэлей

сыном, упоминается о полученных Рэлеем письмах, содержащих полезные предложения, но не объясняющих существа проблемы. Среди этих писем — письмо Рамзая от 20 ноября 1892 г., в котором автор комментирует полученные Рэлеем экспериментальные результаты и говорит о своем интересе к проблеме.

В работе, представленной в марте 1893 г. Королевскому обществу, Рэлей указывал на аномалии плотности азота и отмечал, что вопрос еще не готов для обсуждения. Однако 19 апреля 1894 г. он сделал сообщение «Об аномальностях при определении плотности газа азота», в котором довольно подробно обсуждал проблему и, в частности, указывал, что плотность атмосферного азота неизменно превышает на одну и ту же величину плотность азота, полученного химическим путем. Ниже приведены данные Рэрея о разнице веса азота, полученного над горячим железом из закиси азота, окиси азота из воздуха в сосуде объемом 1800 см^3 при нор-

мальной температуре и давлении:

	Азот, g
Закись азота	2,30008
Окись азота	2,29909
Воздух	2,31003
Воздух (над закисным гидратом железа)	2,31020

Разница составляет $\frac{1}{230}$ часть. Следует напомнить, что при получении азота из аммиака разница была равна $\frac{1}{1000}$. Рэлей придерживался мнения, что атмосферный азот является аномальным, однако причина аномальности установлена им не была. 19 апреля 1894 г. в Оксфорде после заседания Королевского общества, на котором выступил со своим сообщением Рэлей, с ним встретился Рамзай и обсудил причины этих аномалий. Первоначально Рамзай искал причину аномальности в возможных ошибках, допущенных в экспериментах.

В одном из своих писем он писал: «...Мы старались выяснить возможную причину аномалии. Поначалу я считал, что все объясняется неточностью лабораторных опытов, поставленных сотрудником Рэрея Гордоном. Однако окончательные результаты их работы не оставляли никакого сомнения, что аномалия должна объясняться более серьезными причинами. Я полагал, что причиной может быть тяжелый газ, содержащийся в атмосферном азоте, а Рэлей считал, что все объясняется существованием более легкого газа в неатмосферном азоте» (архив Рамзая, Лондон).

Далее в этом же письме Рамзай указывал, что с Рэлеем была достигнута договоренность об «объединении усилий» для решения этой волнующей проблемы.

Позже, говоря об истории открытия аргона (первый раз это было сделано в заметке французскому химическому обществу 29 марта 1895 г.), Рамзай всегда ссыался на эксперимент Кавендиша, согласно которому аномалия должна объясняться присутствием в воздухе неизвестного вещества. Однако, казалось бы, сама собой напрашивающаяся мысль повторить опыт Кавендиша пришла ученым не сразу. Еще раз напомним, что состав атмосферы был предметом тщательного изучения многих химиков на протяжении многих лет и поэтому чрезвычайно трудно было поверить, что они могли что-

то упустить. Поэтому мысль о возможности существования в атмосфере неизвестного газа пока еще «спит» в голове Рамзая, но «остаток» Кавендиша не дает ему покоя⁴.

Работа Рэлея «Об аномальностях при определении плотности газа азота» была встречена подавляющим большинством химиков и физиков скептически. Однако Вильям Крукс⁵ буквально на следующий день писал Рэлею: «Мой совет — получить азот из воздуха и измерить его плотность. Это фактически Вами уже сделано. Теперь необходимо смешать идентичные количества азота и кислорода и через смесь пропустить электрическую искру, адсорбируя продукты каустической содой. Затем удалите кислород и измерьте плотность оставшегося азота. Снова перемешайте с кислородом, пропустите искру, адсорбируйте продукт и снова измерьте плотность. Я предполагаю, что другой газ не соединяется с кислородом при пропускании искры и образует тело, которое адсорбируется поташом. Так или иначе при поисках неизвестного следует что-то предположить» [2, стр. 107].

А р г о н

Столетний перерыв в экспериментальном исследовании атмосферного воздуха нарушил преемственность, традицию навыков и приемов работы. Тому, кому вновь предстояло заняться изучением состава воздуха, нужно было самому разработать приборы и способы изучения газов. Но в то же время за этот столетний период раз-

⁴ Это, пожалуй, самый наглядный пример того, как была извлечена «крупинка золота» из работы, принадлежавшей выдающемуся ученому прошлого. Процесс освоения всего богатства работ классиков науки, по словам В. Оствальда, «не сразу доводится до конца, а продолжается некоторое время, тем больше, чем больше тот великий ученый опередил свою эпоху. Но если дело идет об очень великом человеке, то какой-нибудь счастливчик (по дарованиям или склонностям) может рассчитывать открыть в его сочинении не замеченные до него зерна чистого золота и по истечении столетий и даже, может быть, тысячелетий» [7, стр. 11—12].

⁵ Вильям Крукс (1832—1919 гг.) — знаменитый английский химик и физик. Член Королевского общества. В 1861 г. с помощью спектрального анализа открыл элемент таллий. Рамзай часто обращался к Круксу как крупному специалисту в области спектроскопии. Речь Крукса «О происхождении химических элементов» (1886 г.) привлекла к себе в свое время большое внимание ученых.

вития науки и техники были достигнуты важные теоретические и экспериментальные результаты, которые позволили приступить к изучению газов на совершенно новом научно-техническом уровне. К 90-м годам XIX в. были выполнены, например, ценные исследования по теплоемкостям различных газов, основанные на кинетической теории.

Работы Д. Менделеева и Т. Эндрюса по изучению критической температуры, с одной стороны, и достижения вакуумной техники, а также достижения промышленности холодильных машин — с другой, позволили в конце XIX в. Л. П. Кальете — во Франции, Р. П. Пикте — в Швейцарии, К. С. Ольшевскому — в Польше, Д. Дьюару — в Англии получить в жидком и твердом состоянии так называемые постоянные газы (кислород, азот, водород) и определить их константы. Сосуд Дьюара [8], изобретенный им в 1898 г., дал широкую возможность ученым работать с газами. В этот период были значительно усовершенствованы измерительные приборы, изобретен спектроскоп, что открыло новую страницу в изучении природы вещества. «Здесь перед нами пример,— указывал Рамзай,—как открытию приходится дожидаться изобретения, чтобы стать возможным, ибо почти невозможно доказать открытие, как таковое, даже когда дело идет о действительном открытии, раз не изобретены для этого средства исследования» [9, стр. 8—9].

Начиная с апреля 1894 г. Рамзай с сотрудниками проводит интенсивную экспериментальную работу, связанную с выяснением аномалий, обнаруженных Рэлеем.

Опыты показали, что вес шара с химическим азотом, приготовленным из окиси азота, был равен 2,3001 г, из закиси азота — 2,2990 г и из азотистокислого аммония — 2,2987 г. Вес же атмосферного азота, после удаления кислорода, равен 2,3102 г. Отсюда простым расчетом был установлен вес одного литра химического азота (1,2505 г) и вес одного литра атмосферного азота (1,2572 г).

Одна из гипотез, объясняющих установленную разницу в весе, утверждала, что сравнительная «легкость» химического азота объясняется диссоциацией его молекул на атомы. С целью проверки этого предположения Рамзай подверг и атмосферный и химический азот дей-

ствию тихого электрического разряда. Однако результат получился отрицательный — ни один из образцов азота в весе не изменился.

Другая гипотеза основывалась на предположении о существовании в воздухе неизвестного газа, удельный вес которого должен быть значительно больше удельного веса азота. Для подтверждения данной гипотезы необходимо было найти способ поглощения азота. Лучшим поглотителем оказались стружки магния, раскаленные в тугоплавкой трубке докрасна. Проводились также опыты, подобные опытам Кавендиша: через смесь азота и кислорода в присутствии щелочи пропускалась электрическая искра. После соединения азота с кислородом и поглощения окислов азота щелочью оставалось незначительное количество недеятельного газа [10, стр. 87],

23 апреля 1894 г. Рамзай писал своей жене: «Между прочим, я работаю над азотом. Азот, полученный из воздуха, тяжелей азота, полученного из аммиака, в отношении $\frac{251}{250}$. Это соответствует добавке некоторого количества легкого газа к тяжелому или некоторого количества тяжелого газа к легкому. Если бы легким газом был водород, потребовалось бы семь частей, чтобы сделать его легче. Никому, однако, не удалось адсорбировать из воздуха весь азот. Или никому еще не удалось сконцентрировать весь азот после удаления кислорода из воздуха. Вполне вероятно, что в азоте содержится какой-либо инертный газ, который ускользнул от нашего внимания. Поэтому Вильямс работает над этим сейчас, соединяя азот с магнием и пытаясь установить, что осталось. Мы можем открыть новый элемент» [2, стр. 108].

24 мая Рамзай сообщил Рэлею результаты своих первых экспериментов. Плотность полученного им газа оказалась равной 14,88, а плотность азота 14,0. «Результат,— писал ученый,— был ободряющий и привел к заключению о возможности существования некоторым образом измененного азота или присутствия в атмосфере некоторого нового компонента» [11].

В июле Рамзай увлекся экспериментами по поглощению азота магнием; раньше эту работу делал его помощник Вильямс. С дополнительными предосторожностями, при удалении углекислого газа и паров воды, было получено 0,2190 г остатка, имеющего плотность 16,1.

Рамзай писал: «Предполагалось, что как кислород под действием электрического разряда претерпевает расщепление своих молекул (двухатомные молекулы превращаются на мгновение в одноатомные молекулы, которые затем превращаются в трехатомные), так и при действии магния на азот от двухатомной молекулы может оторваться один атом азота. Не исключено, что одиночный атом может найти двух партнеров, каждый своего собственного сорта, чтобы образовать с ними трехатомную молекулу N_3 — типа озона. Поэтому было решено продолжать поглощение свежим магнием более длительное время в надежде выделить трехатомную молекулу азота» [11, стр. 60].

Атмосферный воздух пропускался несколько раз из одного газометра в другой через трубку, наполненную раскаленным магнием. За 10 дней было собрано около 1500 см^3 газа в ртутный газометр, из которого через раскаленные стружки магния, меди, натровую известь и фосфорный ангидрид газ перекачивался во второй газометр. После полного поглощения водорода, кислорода и азота газа оставалось меньше 200 см^3 .

Полученный таким образом газ затем неоднократно пропускался над магнием до тех пор, пока магний переставал терять металлический блеск. Для откачки газа после окончания опыта использовался ртутный насос Шпренгеля. Во время опыта отработанный магний заменялся свежей порцией магния, который уже не вступал в реакцию и не терял металлического блеска.

Эксперимент был закончен 3 августа 1894 г. К этому времени осталось только 100 см^3 газа. Плотность его была равна 19,086. (Эта цифра в лабораторном дневнике Рамзая подчеркнута двойной чертой.) Газ в трубке Плюкера был послан Круксу для спектроскопического исследования.

4 августа Рамзай послал письмо Рэлею: «Я наконец изолировал новый газ. Его плотность 19,075, и он не поглощается магнием. Плотность газа X непрерывно увеличивалась по мере того, как шел процесс поглощения; как Вы видите, полученные результаты не являются случайными и выходят за пределы возможных ошибок эксперимента.

Заполнил вакуумные трубки газом. Результат очень примитивный. Мое впечатление, что газ не дает спектра,

по крайней мере видимого. Возможно, что голубая линия, или полоса, обусловлена им; полоса едва различима в спектре химического азота, но яркая — в спектре X. По-видимому, X все еще содержит следы азота, ибо все еще видны, хотя и не очень сильно, линии азота.

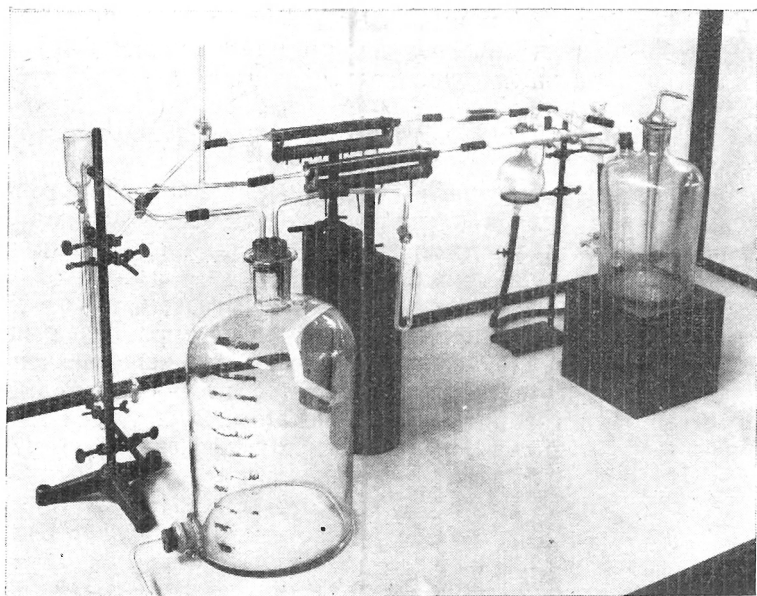
Собираюсь пропускать искру через газ в присутствии кислорода и хлора⁶, кроме того, пытаюсь сжигать его сжатием. Я уже собрал аппарат для сжижения и сделал трубку для заполнения.

Устроил также для начала большой газгольдер азота на 89 л. Очень длинная и очень скучная работа день за днем адсорбировать азот, готовить тонкоизмельченный магний и т. д. и т. п. Однако игра стоит свеч. Я хотел бы поговорить с Вами об этом. Будете ли Вы в Оксфорде? Если да, то не встретимся ли мы?» [2, стр. 114].

Двумя днями позднее Рэлей ответил: «Полагаю, что тоже выделил газ, хотя в убого малых количествах. Когда я пропустил искру через 50 см³ воздуха с добавлением кислорода, то получил 0,3 см³ газа, который не является ни кислородом, ни азотом. Я концентрировал газ X диффузией, собрал $\frac{1}{30}$ часть газа, который содержит в 2 раза больше X, чем обычный воздух. Собираюсь усовершенствовать этот метод. Мои попытки собрать больше 1 см³ были успешны лишь отчасти, думаю, из-за растворимости X в воде... Однако 1 см³ было достаточно, чтобы наблюдать спектр между платиновыми остриями. Подобно Вам, я не могу найти, как

⁶ Обратившись к старому методу Кавендиша — методу искрового электрического разряда, Рамзай нашел, что пропускание искры через смесь остаточного газа с кислородом в присутствии каустической соды приводит к уменьшению объема (после удаления избытка кислорода щелочным пирогаллолом) на 15,4%, т. е. газ, оставшийся после пропускания искры, должен быть в 20 раз тяжелее водорода.

Часть газа, заключенная под разрежением в трубке Плюкера, соединенной со вторичной обмоткой катушки Румкорфа, показала (через стеклянную призму) «характерные для азота полосы... в том числе нечеткие полосы красного, оранжевого, желтого и желто-зеленого цветов... и показала, кроме того, определенную группу красных и зеленых линий, которые, по-видимому, не принадлежат спектру какого-либо из известных газов» [11, стр. 162].



Аппарат Рамзая для получения аргона (1894 г.)

надеялся, новой линии, но линия азота отсутствовала или была чрезвычайно слабой.

Теперь о публикации. Я думал дать в Оксфорд некоторые определенные результаты работы. Но, кажется, они так переплетаются с Вашей работой, что трудно или невозможно излагать их отдельно. По моему мнению, единственным решением может быть совместная публикация. Без сомнения, Ваши последние исследования идут дальше моих и, по-видимому, более определенны. Но, как Вы сами отметили, все основано на работе, которая мной проведена и теперь продолжается» [2, стр. 120].

Последующие работы Рамзая были посвящены изучению физических характеристик нового газа. 7 августа 1894 г. Рамзай написал отчет о своих экспериментах, который, однако, не был опубликован и стал известен много лет спустя. В этом отчете Рамзай писал: «Ниже следующие данные я считаю доказанными. Воздух со-

держит газ, плотность которого от 19 до 20 и который не поглощается магнием и практически не претерпевает никаких изменений при разряде электрической искры в присутствии кислорода» [2, стр. 119]. И 7-го же августа он ответил на письмо Рэлея: «Я думаю, что совместная публикация была бы лучшим решением, и я весьма признателен за это предложение. Я чувствую, что счастливый случай помог мне получить Q в существенных количествах (поскольку имеется два других вещества, обозначенных X, позвольте мне называть этот газ Q или Quid)» [2, стр. 121].

В августе 1894 г. в Оксфорде состоялось заседание Британской ассоциации. Рамзай и Рэлей пришли к решению, что доказательство существования в воздухе нового газа достаточно убедительно и что поэтому целесообразно сделать короткое сообщение об этом открытии перед ассоциацией. И 13 августа Рэлей сообщил, что азот воздуха, тщательно очищенный от всех других известных компонентов воздуха, содержит $\approx 1\%$ газа, более инертного, чем азот. Плотность этого газа 18,9—20; спектр его при давлении 8 мм рт. ст. вполне определенный и характерный. Линии спектра отличаются по положению от линий спектра азота, которые в спектре полученного газа вообще отсутствуют. В качестве главного, наиболее характерного свойства нового газа отмечалась его инертность. Рамзай писал: «Сообщение было встречено с удивлением и интересом»; химики, естественно, проявляли некоторое недоверие к тому, что воздух — вещество, состав которого так долго и тщательно исследовался, может содержать нечто новое. Физик О. Лодж, выслушав сообщение, спросил авторов: «Не открыли ли Вы, господа, и имени этого газа?»

Известный английский физик Дьюар в своих письмах в газету «Таймс» от 15 и 18 августа 1894 г. прямо заявил, что работы Рэлея и Рамзая противоречат его собственным наблюдениям за поведением воздуха при сжижении. По мнению Дьюара, новый газ является не чем иным, как аллотропической модификацией азота. Научный авторитет Дьюара, по-видимому, в немалой мере способствовал появлению в газете «Таймс» от 7 декабря заметки следующего содержания: «Подтверждение этих результатов (Дьюара.— Ю. С., Л. П.) должно тотчас же доказать, что новое вещество ни в

коей мере не является новым элементом, а только модификацией уже известных. Ввиду удивительной неопределенности, окружающей сообщение о новом открытии, примечательно, что лорд Рэлей и Рамзай продолжают хранить молчание⁷, хотя все сомнения могли бы быть успешно решены за те месяцы, которые прошли со времени собрания Британской ассоциации».

Журнал «Electric Review» организовал против «мифа нового газа» самую настоящую кампанию и предложил, чтобы исследователи еще раз «изучили новый газ хорошо известными методами анализа» и не вводили общественность в заблуждение только «анализом спектра».

Эти страсти, разгоревшиеся на страницах газет и журналов вокруг имени Рамзая, не очень расстраивали и беспокоили оптимистически настроенного ученого. Можно представить, как, покуривая сигару, Рамзай, улыбаясь, подтрунивал над теми, кто не верил в результаты его исследования.

В сентябре 1894 г. в лаборатории Рамзая была успешно испытана более совершенная установка для получения нового газа, основанная на принципе непрерывного циркулирования азота через адсорбционную систему, состоящую из горячего магния, окиси меди и реагентов для поглощения воды и двуокиси углерода. Метод обеспечивал полное удаление водорода и следов углеводородов. Существенной частью новой установки являлся ртутный циркулятор, разработанный Н. Колли для опытов с метилфторидом. Циркуляция азота, как обычно, продолжалась до полного прекращения адсорбции.

15 сентября лабораторию Рамзая посетил Рэлей, который смог на месте ознакомиться с циркуляционным принципом получения нового газа. «У меня был Рэлей,— писал Рамзай жене,— он с большим интересом ознакомился с моим планом получения газа (ртутный

⁷ Рэлей и Рамзай знали о завещании американца Годкинса, согласно которому за наиболее важное открытие, связанное с исследованием атмосферы, был установлен приз в размере 10 тыс. ам. долларов. Одним из важнейших условий было представление в рукописном виде научной работы призовому комитету. В связи с этим предварительная публикация каких-либо сообщений в печати исключалась

циркулятор), который превосходит принцип работы его небольшой установки. Я показал Рэлею процесс адсорбции. Завтра собираюсь адсорбцию азота продемонстрировать своему классу. Думаю, что придет много народа. Мне кажется, что студенты должны первыми узнавать о результатах новых экспериментов» [2, стр. 126].

С 22 по 24 сентября Рамзай посетил лабораторию Рэлея, где наблюдал постановку эксперимента по выделению аргона, 23 сентября в письме Дж. Макгоуэну он писал: «Аппаратура Рэлея весьма проста и состоит из сосуда, погруженного в слабый содовый раствор с двумя электродами, между которыми «образуется быстрый разряд». Объем сосуда около 2 литров... Мы согласились разделить усилия. Я беру на себя химическую часть, а Рэлей — физическую» [2, стр. 125].

В октябре-ноябре Рамзай занимался главным образом приготовлением и очисткой газа. В этот же период изучалась его реакционная способность. Полученные результаты показали, что новый газ является инертным и не взаимодействует с другими элементами.

7 ноября 1894 г. Рамзай в письме спросил Рэлея: «Поскольку X является весьма инертным, что Вы думаете относительно того, чтобы назвать этот газ *аргон*?⁸ Символ A» [2, стр. 122].

Трудности изучения аргона возникли сразу же. Оказалось, что обычные способы определения атомного веса к нему не применимы, ибо у нового газа отсутствовали химические свойства. Но предыдущие физико-химические исследования хорошо подготовили Рамзая к тонким физическим измерениям ничтожно малых количеств вещества. Сочетание в одном лице химика-аналитика и физико-химика обусловило успех открытия, представлявшего «торжество третьего десятичного знака».

«Искусство открытия, — говорил Рамзай, — заключается в сочетании идей, приводящем в связь факты, между которыми до этого никакой связи не подозревали» [10, стр. 40].

⁸ От греческого слова *αργος* — недеятельный.

Утверждают, что это название было предложено бывшим коллегой Рамзая по Бристольскому университету неким Г. Г. Маданом,

Весьма интересно проследить методы постановки эксперимента и решения одной и той же проблемы двумя выдающимися исследователями — Рэлеем и Рамзаем. Рэлей высоко ценил экспериментальное искусство Рамзая, однако он не мог с ним согласиться по некоторым принципиальным моментам постановки эксперимента. Например, Рэлей считал, что адсорбция азота наиболее рационально может быть осуществлена в замкнутом пространстве. По мнению же Рамзая, этот метод являлся весьма неэффективным, и он настаивал на многократном динамическом пропускании азота над магнием. В книге «Жизнь лорда Рэлея» его сын пишет: «Рэлей не был счастлив до тех пор, пока проблема не была всесторонне обдумана в его кабинете. Он не мог решать научную задачу просто, «глядя на лабораторный прибор». Вряд ли можно представить, что партнерство обоих людей могло продолжаться больше, чем несколько месяцев. Однако, если каждый из них временами раздражался упрямством другого, оба ученых сохранили чувство глубокого взаимного уважения» [6, стр. 218].

Уже после открытия аргона Рэлей настаивал на постановке дополнительных экспериментов, которые бы доказали, что аргон не может быть получен из химического азота.

Рамзай считал, что это было бы пустой тратой времени, однако согласился провести эксперименты по адсорбции магнием азота, полученного из хлорида аммония и нитритов. Как и следовало ожидать, никаких следов аргона обнаружено не было.

Но вернемся в лабораторию на Говер-стрит. 3—4 декабря 1894 г. Рамзаем были получены первые значения отношений удельных теплоемкостей аргона c_p/c_v с использованием аппаратов Кундта и Варбурга. Одновременно сравнивалась скорость распространения звука в воздухе и аргоне. Были получены следующие данные:

Газ	Длина полуволны, мм	c_p/c_v
Воздух	19,6	—
CO ₂	15,1	1,276
H ₂	73,6	1,376
A	18,1	1,640

Согласно кинетической теории газов, количество тепла, которое необходимо затратить для нагревания грамм-молекулы на один градус, зависит от атомности его молекул. Теоретическое значение отношения c_p/c_v для одноатомного газа равно 1,67 [$c_p/c_v = (c_v + 2)/c_v = (3+2)/2$], а для двухатомного оно равно примерно 1,4.

Полученные Рамзаем экспериментальные данные по определению c_p/c_v оказались в хорошем соответствии с теорией, и полученное им значение 1,64 привело Рэля и Рамзая к убеждению, что, поскольку такое же соотношение установлено и для паров ртути, молекула которой является одноатомной, молекула аргона также одноатомна⁹ и, следовательно, атомный вес аргона равен молекулярному весу (39,94).

В письме от 30 ноября 1894 г. президент Королевского общества лорд Кельвин отметил: «Выдающимся научным событием минувшего года, по моему глубокому убеждению, является открытие новой составной части нашей атмосферы. Если можно что-либо добавить к интересу, с которым мы все отнеслись к этому потрясающему открытию, то это — чувство восхищения перед тем, как оно было сделано». Далее он добавил: «Сейчас новый газ энергично исследуется, и это уже привело к удивительному заключению, что этот газ не соединяется со всеми испытанными пока веществами. Мы все с нетерпением ждем дальнейших результатов их работы; мы желаем им успеха и надеемся, что к следующему заседанию Королевского общества получим много новых сведений о свойствах, как химических, так и физических, до сих пор неизвестной и все еще безымянной пятой составной части нашей атмосферы» [12, стр. 291].

31 января 1895 г. в Лондонском университете произошло поистине историческое собрание Королевского об-

⁹ Только электронные теории объяснили причину одноатомности молекул благородных газов. В нормальных условиях, т. е. при 20° С и 760 мм рт. ст., газообразные элементы (водород, кислород, азот, хлор и др.) стремятся построить электронный октет в своей внешней электронной оболочке. Поэтому они всегда существуют как двухатомные молекулы. У благородных же газов с их заполненной внешней электронной оболочкой нет «свободного места» для дополнительного электрона. Поэтому они не могут объединяться в молекулы и существуют как одноатомные.

щества, на которое были приглашены члены и других научных обществ. Аудитория насчитывала около 800 человек; это было самое представительное собрание в истории Королевского общества. Председателем собрания был лорд Кельвин.

Перед такой широкой аудиторией Рамзай доложил о новых открытиях.

Рэлей в ответ на просьбу сделать свои замечания по докладу Рамзая ответил: «Мне почти нечего добавить... Мне знакомы экспериментальные трудности; с такими трудностями, как в этом исследовании, я никогда не встречался. Мы не утверждаем, что испробовали все возможные реагенты. Но несомненно, что газ заслуживает название «аргон», ибо он является наиболее индифферентным веществом; на него не действуют элементы весьма противоположного характера... Было бы интересно посмотреть, будет ли таким же бездеятельным фтор, но в настоящее время такой эксперимент должен быть отложен ввиду трудностей обращения с фтором» [13, стр. 26, 28].

После сообщения Рамзая выступали президент химического общества Г. Армстронг, президент физического общества А. Рюкер¹⁰, лорд Кельвин, который оспаривал доказательства одноатомности аргона.

Вильям Крукс сделал сообщение о спектре аргона. Он отметил, что «спектр выражен весьма четко и имеет характерные признаки» [14, стр. 58]. Крукс обнаружил, что трубка Плюкера, наполненная аргоном, давала голубое или красное свечение¹¹.

К. Ольшевский¹² сделал интересное сообщение о некоторых физических свойствах аргона.

¹⁰ 17 февраля 1895 г. в журнале «Chemical News» был опубликован интересный отчет Рюкера об этом собрании.

¹¹ Спектр, богатый красными линиями, причем две из них были особенно яркими (695,56 и 705,64 Å), лучше всего наблюдался при давлении 3 мм рт. ст.

¹² Кароль Ольшевский (1846—1915 гг.) — известный польский химик. Окончил Краковский университет (1870 г.); с 1876 г. — профессор этого университета. С 1883 г. начинаются его совместные с З. Вроблевским работы по сжижению газов. 29 марта 1883 г. они впервые получили жидкий кислород, а затем — азот, окись углерода и установили их физические константы. С 1894 г., по предложению Рамзая, Ольшевский принимал активное участие в работах по изучению физических свойств аргона.

Еще в ноябре 1894 г. для определения некоторых физических констант аргона Рамзай, хорошо очистив 300 см³ нового газа (плотность 19,9 при Н = 1), запалял его в баллон и послал в Краков профессору К. Ольшевскому — крупному специалисту по изучению газов при низких температурах. С этим количеством аргона Ольшевский провел четыре серии опытов: первые две серии — определение критических температур и давления аргона, а также измерение давления его при низких температурах; третья и четвертая серии — определение точек кипения и замерзания при атмосферном давлении, а также определение плотности жидкого аргона. Ольшевский установил, что критическая температура аргона 121°, температура кипения жидкого аргона (при 740,5 мм рт. ст.) — 186,9°, удельный вес жидкого аргона 1,5, температура плавления — 189,6° [15].

В самом начале 1895 г. была опубликована статья Рэлея и Рамзая «Аргон — новая составная часть атмосферы» [16], подытоживающая результаты исследований. Она состояла из нескольких разделов: 1. Плотность полученного различными путями азота. 2. Причины, побуждающие заключить о присутствии в атмосфере еще неоткрытой составной части. 3. Способы соединения свободного азота. 4. Доказательство присутствия аргона в воздухе. 5. Отрицательные результаты опытов, сделанных с целью показать, что аргон получается химическим путем. 6. Получение аргона в больших количествах. 7. Плотность аргона. 8. Спектр аргона. 9. Растворимость аргона в воде. 10. Отношение теплоемкостей аргона. 11. Попытки побудить аргон вступить в химические соединения. В заключение авторы сформулировали выводы, убедительно доказывающие присутствие аргона в атмосфере.

5 февраля 1895 г. М. Берто прислал письмо Рамзаю следующего содержания: «Я объявил вчера Французской Академии о Вашем прекрасном открытии, которое было встречено с большой благосклонностью и аплодисментами, проявление редкое и необычное. Я составил о нем небольшое резюме, которое появится в ближайшее воскресенье в наших отчетах. Я старался передать в нем как можно более точно Вашу мысль.

Г-н Муассан, которому я передал Ваше желание, сказал, что он находится всецело в Вашем распоряже-

нии: опыты с фтором можно легко провести, так как его аппарат находится в настоящий момент в действии. Муассан получит вакуум в пробирке для фтора и введет туда аргон, что позволит даже немного его подогреть. Но образец не сможет служить для других опытов из-за трудности обращения с ним.

Я беру на себя смелость спросить вас, проверили ли Вы закон сжимаемости аргона, а также его закон расширения, так как вычисление отношения специфической теплоты основывается на этих двух законах...

Вы изучили так глубоко физические свойства аргона, что я думаю, что это замечание с моей стороны не покажется Вам чрезмерным.

Наконец, заканчивая, не забудьте моего образца¹³, я очень хочу его показать моему курсу во Французском коллеже.

Передайте мой привет лорду Рэлею, примите уверения моего уважения. М. Бертло» [17].

Пресса, и в особенности газета «Таймс», оказала открытию хороший прием. Рамзай был буквально засыпан поздравлениями как от местных организаций, так и из-за границы. Оствальд выразил желание опубликовать работу Рамзая полностью в своем Журнале физической химии. Она появилась в немецком переводе в том же 1895 г. [18].

23 февраля 1895 г. А. Муассан писал Рамзаю: «Господин и уважаемый коллега, я хочу прежде всего горячо поздравить Вас, а также лорда Рэлея с прекрасным открытием, которым Вы обогатили ученый мир. Г-н Бертло был так добр написать Вам, что я нахожусь полностью в Вашем распоряжении и могу начать изучение действия фтора на аргон. Я подумал также, что было бы любопытно провести опыты с титаном, который я только что получил в довольно чистом виде (он содержит теперь только 1,90% углерода). Может быть, титан соединится с аргоном? Титан интенсивно поглощает азот при температуре 800°.

¹³ С этим образцом Бертло провел опыт по влиянию электрического разряда на смеси аргона с парами некоторых органических соединений. Результаты поставленных опытов не дали никакого указания на образование соединений аргона.

Я не хотел бы начинать работу, не уведомив Вас об этом. Я хочу начать опыты, только получив от Вас разрешение на это, или же, если Вы это предпочитаете, я сочту за большое удовольствие предоставить Вам образец титана.

В настоящий момент мы имеем в лаборатории действующий аппарат с фтором, и если бы Вы могли прислать мне на этих днях образец аргона, я предпочел бы приступить к опытам сейчас же.

Примите выражение моего глубочайшего уважения. Анри Муассан» [17].

Необычные свойства аргона вызвали оживленные дискуссии. Научная печать была буквально наводнена многочисленными догадками и предположениями относительно происхождения нового газа, его положения в периодической системе элементов. Интерес к аргону, однако, был вызван не только в научных кругах. Яркие воспоминания, характеризующие обстановку этого времени, были оставлены современником Рамзая В. Тилденом: «Многочисленные любители физики принялись высказывать всевозможные экстравагантные гипотезы относительно роли аргона в природе. Даже молодые студенты заразились «аргоном», и ответы на экзаменационные вопросы показали, что кислород как составная часть нашего воздуха был почти забыт. Каждый старался изложить экзаменатору все, что знает об аргоне» [19, стр. 141].

Казалось бы, почти все данные говорили об открытии нового элемента. Но некоторые факты все-таки вызывали сомнения. Так, по измерениям Крукса, характер спектра аргона двойной. Особенно заметны линии с длинами волн 696,56 и 705,64 *ммк*. Правда, сам Крукс считал, что Рэлей и Рамзай открыли новый элемент, ибо ни один газ, ни одно вещество в парообразном состоянии не дают линий, совпадающих или лежащих близко от линии спектра аргона.

Но, пожалуй, самым главным препятствием в признании аргона химическим элементом был психологический барьер, который надо было преодолеть. Все слишком свыклись с мыслью, что состав атмосферного воздуха хорошо изучен, поэтому вряд ли в нем можно найти что-нибудь новое. Почти ни одному из первооткрывателей химических элементов не пришлось столкнуться

с такими трудностями, с какими столкнулись Рэлей и Рамзай. Ведь перед ними оказался весьма необычный элемент — первый из всех известных химических элементов, обладающий уникальным свойством — абсолютной химической инертностью.

Было также совершенно непонятно, почему аргон одноатомен. Атомный вес нового элемента оказался равным 40, в то время как у другого известного элемента — кальция атомный вес также был равен 40. Как и где, исходя из этих данных, искать для нового элемента место в периодической системе? Более точные определения атомного веса аргона дали величину 39,8, затем 39,9. Следовательно, рассуждал Рамзай, его можно поставить между хлором и калием. Но у последнего атомный вес 39,1, т. е. опять ученый столкнулся с аномалией, которая долгое время не находила себе объяснения и мучила Рамзая, верившего в периодический закон как в фундаментальный закон природы.

Открытие аргона породило многочисленные исследования, связанные с уточнением физических свойств нового элемента; подробно изучался его спектр (К. Рунге, Ф. Пашен, Н. Локьер), определялись показатели преломления и вязкость — скорость истечения газа через очень тонкий капилляр (Рэлей), коэффициенты расширения при постоянном объеме и при различных температурах. Определялось содержание аргона в воздухе, взятом в самых разнообразных местах земного шара.

Изучались также вопросы: какое отношение имеет аргон к жизненным процессам? Входит ли он в состав животных организмов и растений? Так, французские исследователи Т. Шлезинг и Ж. Ришар обнаружили аргон в газах, находящихся в плавательном пузыре рыб.

По предложению Рамзая, А. Келлас в 1895 г. определил содержание аргона в чистом и выдыхаемом воздухе для выяснения роли, какую играет аргон в процессах дыхания. Автор пришел к заключению, что аргон, подобно азоту, в процессах дыхания играет пассивную роль [20].

Открытие аргона имело большое научное значение, в первую очередь потому, что оно положило начало многим крупным открытиям в химии и физике.

Гелий

История открытия гелия начинается с событий 1859 г., когда немецкими химиком Р. Бунзеном и физиком Г. Кирхгофом был разработан новый метод анализа, с помощью которого уже вскоре удалось открыть ряд новых элементов, — речь идет о спектральном анализе.

Бунзен и Кирхгоф установили, что каждый химический элемент имеет свой характерный спектр, являющийся как бы паспортом, по которому можно идентифицировать изучаемое вещество. Уже в 1861 г. они впервые использовали новый метод для спектрального анализа химического состава солнечной атмосферы и таким образом проложили дорогу к созданию спектроскопической астрономии. Первые практические результаты нового метода были получены самими его изобретателями еще в 1860 и 1861 гг., когда им удалось открыть два новых элемента — цезий и рубидий. Впоследствии метод спектрального анализа оказал неоценимую услугу при открытии и идентификации многих других, как простых, так и сложных, веществ.

В 1868 г. французский астроном П. Жансен¹⁴ и английский астрофизик Н. Локьер¹⁵ независимо друг от друга сделали наблюдения, которые привели их к открытию гелия на Солнце. В августе этого же года Жансен, находясь в Индии в составе экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения, при анализе

¹⁴ Пьер Жансен (1824—1907 гг.) — сын известного французского музыканта. Несмотря на настойчивые пожелания отца, от карьеры в области музыки он отказался, избрав вместо этого специализацию в области химии и физики. Жансен в течение продолжительного времени был преподавателем сначала математики и впоследствии физики, которая и способствовала пробуждению его активного интереса к астрономии.

¹⁵ Н. Локьер (1836—1920 гг.) по окончании колледжа был принят на работу в Английское военное министерство, а астрономией занимался в свободное время. Несмотря на это, он сумел приобрести необходимые профессиональные знания; его достижения были признаны научной общественностью, и в возрасте 40 лет Локьер был назначен профессором кафедры астрономической физики Королевского колледжа науки.

заснятой им спектрограммы солнечной короны обнаружил яркую желтую линию, которая не совпадала с известными фраунгоферовыми линиями D_1 и D_2 , характерными для натрия. Все попытки воспроизвести эту линию (позже она была названа линией D_3) в лабораторных условиях и приписать происхождение указанной линии водороду не привели к успеху, так как в спектре водорода линия D_3 не наблюдалась.

Жансен, по-видимому, первым отметил, что протуберанцы состоят из газов [21]. Несколько позже Райс высказал мысль, что раскаленный газ, излучающий желтую линию D_3 , входит, как и водород, в состав солнечной атмосферы.

В октябре 1868 г. Локьер совместно с профессором Манчестерского университета Э. Франкландом также наблюдал протуберанцы при дневном свете, используя специальный спектроскоп собственной конструкции. Подобно Жансену, он убедился в существовании в солнечном спектре необычайно яркой желтой линии и высказал предположение, что эта линия может быть приписана «некоему веществу, существующему при более высоких температурах, и более легкому, чем вещества, с ним смешанные» [22, стр. 554]. Несколько позже Локьер уже более определенно заявил: «X — новый элемент, соответствующий линии «вблизи D», находится между водородом и магнием». Поскольку, однако, он не смог приписать происхождение загадочной линии какому-либо из известных на Земле элементов, он предположил, что в атмосфере Солнца присутствует неизвестный на Земле «солнечный» элемент — гелий (от греческого $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ — Солнце). Длина волны характерной для нового элемента спектральной линии, равная 5875,9, была впоследствии подтверждена другими исследователями.

В августе 1871 г. В. Томсон в президентской речи на собрании Британской ассоциации заявил: «Франкланд и Локьер открыли, что желтые протуберанцы дают очень заметную яркую линию вблизи D. До сих пор эта линия не идентифицирована с каким-либо земным элементом. Возможно, что она принадлежит новому веществу, которому они предлагают дать название «гелий» [23, стр. 14].

23 октября 1868 г. Локьер через три дня после сделанного им открытия сообщил Французской Академии

наук, что «... около линии D имеется линия, видимая в спектре хромосферы, которой не соответствует ни одна фраунгоферова линия» [24, стр. 420—421].

Буквально через несколько минут в адрес секретаря Академии поступило аналогичное по содержанию письмо Жансена, хотя фактическое наблюдение им желтых линий гелия было сделано на два месяца раньше. Неизбежно возникшие при этом вопросы приоритета, однако, не помешали ученым сохранить подлинные дружеские отношения.

В честь Локьера и Жансена была отлита медаль с профилями ученых. Награда, однако, предназначалась не за открытие ими гелия, а за разработку метода наблюдения ярких спектральных линий солнечных протуберанцев в обычных условиях (не дожидаясь солнечного затмения). Небезынтересно отметить, что и на этот раз открытие было сделано учеными совершенно независимо друг от друга.

Долгое время было неясно, что собой представляет «солнечный элемент». Сам Локьер склонялся к мысли, что гелий — это составная часть всех химических элементов, т. е. «первичная материя».

Рамзай, присутствуя 8 декабря 1875 г. в Глазго на лекции Локьера о солнечном спектре, в своих записях сделал набросок задвижки фонаря, использовавшегося Локьером во время лекции. Он демонстрировал спектрофотографии, используя прибор с очень широкой щелью, так что линии более легких элементов отражались на верхней части пластинки, а линии более тяжелых элементов — на нижней стороне. Фотография показала, что линии натрия D_1 и D_2 находились ниже линии D_3 , что указывало на присутствие в солнечной хромосфере элемента с меньшим атомным весом.

На протяжении почти четверти века после открытия гелий считался гипотетическим элементом, существование которого связывалось только с Солнцем.

В начале 90-х годов XIX в. заметно активизировались исследования по изучению газов, выделяющихся из различных минералов. От исследователей поступали сообщения о том, что при разложении геологических пород химическими методами выделяются газы, зачастую обладающие необычными свойствами.

1 февраля¹⁶ 1895 г. Рамзаю стали известны результаты опытов В. Гиллебранда, проведенных в 1890 г. в Геологическом институте США [25]. Он нашел, что некоторые минералы, содержащие редкие элементы, например уран и торий, при нагревании или обработке кислотами выделяют какой-то инертный газ, который он принял за азот.

«Д-р Гиллебранд сообщил мне потом при случае,—вспоминал Рамзай,—что, хотя его газ в общих чертах давал спектр азота, но он и тогда еще заметил в нем новые, ему неизвестные линии; дальнейший же исследованием этого предмета он не занялся, потому что его коллеги подтрунивали над его «новым элементом», а он был слишком робок, чтобы защищать его» [26, стр. 12].

Рамзай считал, что если этот неактивный газ вступает в какие-либо реакции, то наиболее вероятно образование его соединений с некоторыми редкими элементами. По его мнению, такие соединения можно было бы прежде всего получить при соответствующей химической обработке ряда редких минералов. Своими соображениями Рамзай незамедлительно поделился в ответном письме К. Г. Мьерсу и уже 5 февраля с его помощью приобрел небольшое количество минерала клевеита, с которым и были поставлены последующие эксперименты.

Казалось бы, что для открытия «солнечного элемента» на Земле оставалось сделать один только шаг. Необходимо было лишь ясно сформулировать проблему и точно выполнить эксперимент.

Гелию, однако, не суждено было стать «логично открытым элементом». Известная «нелогичность», случай-

¹⁶ В этот день Рамзай совершенно неожиданно получил письмо от хранителя геологической секции Британского музея Г. Мьерса. В нем его внимание было привлечено к работам американского ученого В. Гиллебранда (1853—1925 гг.). Мьерс писал: «...частые случаи содержания азота в природных уранатах (см. *Гиллебранд. Amer. J. Sci.*, 1890, v. 40, p. 384) указывают на целесообразность постановки соответствующего эксперимента. Вероятно, Вы уже предприняли шаги в этом направлении. Примите от меня извинения за то, что я привлек Ваше внимание к результатам Гиллебранда» [2, стр. 134].

ность его открытия в солнечной хромосфере как бы спроектировала его «трудный характер» на Землю. Здесь снова сыграла свою роль случайность.

Занимаясь поиском новых соединений аргона и изучением свойств этого газа, Рамзай даже не подозревал возможности существования в клевеите нового газа, и тем более гелия. Поэтому он отнюдь не торопился с исследованием этого минерала, и первые опыты по его разложению были поставлены только в середине марта, т. е. спустя полтора месяца после приобретения клевеита.

Но даже после того, как появились «первые признаки» нового элемента, Рамзай некоторое время сомневался в его существовании. «Я со стыдом должен сознаться, — писал он уже позже, — что я разобрал мой спектроскоп, так как предполагал скорее неправильное устройство его, чем присутствие нового газа. Но и после проверки прибора совпадения линий все же не было. Лишь весьма медленно я пришел к убеждению, что у меня в руках был новый газ» [26, стр. 13—14].

Первые опыты с клевеитом Рамзай поручил своему ученику Д. Метьюзу, который при обработке минерала горячей серной кислотой наблюдал выделение газа, напоминающего некоторыми своими свойствами азот. Проведенный Рамзаем 14 марта 1895 г. спектральный анализ газа, образовавшегося при кипячении клевеита, неожиданно показал присутствие в его спектре яркой желтой линии, которую не дают ни азот, ни аргон. В этот день Рамзай писал жене: «Я получил новый газ из минерала клевеита. Его очень мало, но это не азот и не аргон. Он обнаруживает совершенно четкие линии; отличные от спектра аргона. Это — его брат» [2, стр. 137]. Последнее замечание было интересно в теоретическом плане: оно отражало принятую Рамзаем идею об аналогии трех (еще неоткрытых) новых газов с триадой железо — кобальт — никель.

Рамзай предположил, что клевеит содержит, кроме аргона, газ с атомным весом, равным атомному весу аргона.

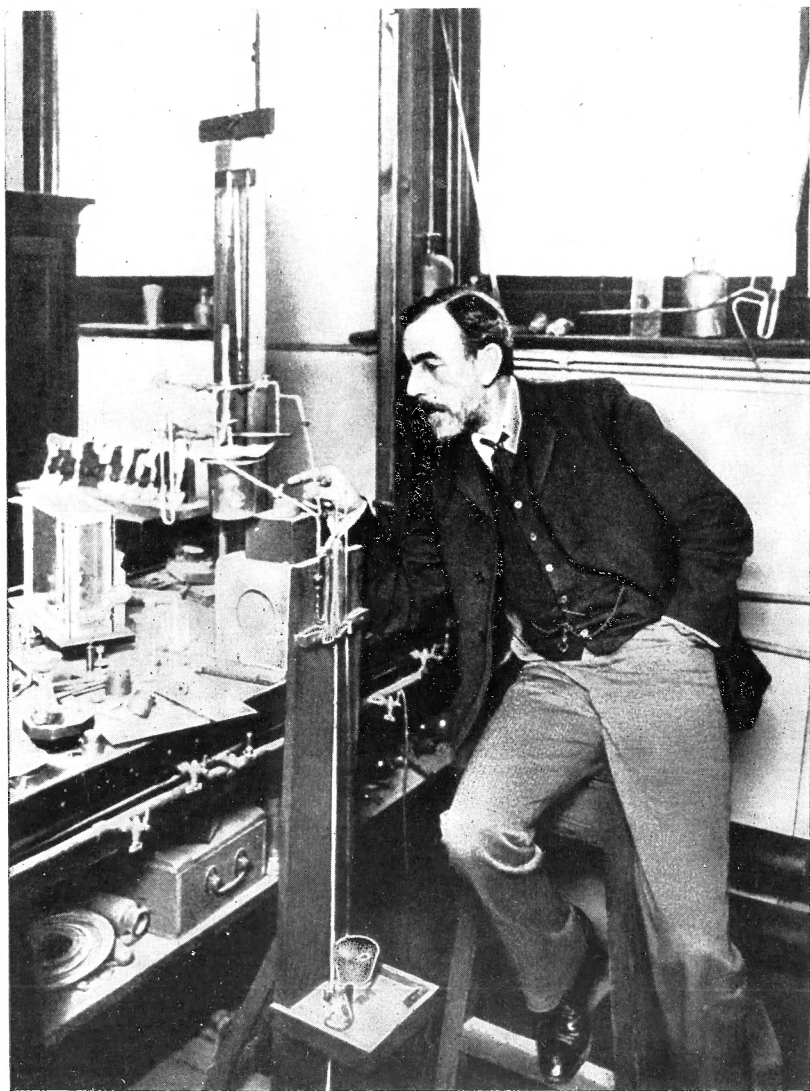
Предварительные результаты, полученные в лаборатории Рамзая, казалось, убедительно свидетельствовали в пользу нового газа. Однако окончательный вывод о его существовании можно было сделать только после

постановки дополнительных экспериментов, предусматривающих, в частности, тщательную очистку выделенного газа.

В эксперименте была использована следующая методика очистки газа. Газ, перекачанный в сосуд с ртутью, в течение трех часов в присутствии соды и кислорода подвергался действию электрической искры; при этом какого-либо уменьшения объема газа не наблюдалось. Затем газ перекачивался в трубку Плюкера для предварительного спектрального анализа. Спектр показал четкие ярко-желтые линии, которые весьма легко могли быть приняты за линии натрия. Остаток газа, откачанный обратно в ртутный сосуд, перемешивался с кислородом и повторно в присутствии соды подвергался действию электрической искры. Избыточный кислород адсорбировался пирогаллолом. Уменьшения объема газа опять не наблюдалось, что свидетельствовало об относительно высокой чистоте исходного образца и фактическом отсутствии каких-либо примесей азота или воздуха.

Проведенный эксперимент по выделению нового газа требовал большой аккуратности и четкости и в известной степени оказался более трудным по сравнению с экспериментами, проведенными по выделению аргона. Большие сложности возникли, в частности, при адсорбции кислорода щелочным пирогаллолом с последующей осушкой газа серной кислотой.

Таким образом, в ходе опыта был успешно выделен и очищен новый газ. Однако результаты предварительного спектрального анализа выявили существенные трудности по его идентификации, вызванные главным образом тем, что спектральные линии нового элемента трудно было отличить от спектра натрия. Поэтому на заключительном этапе эксперимента основное внимание было уделено разработке специфического метода сравнительного спектрального анализа, который позволил бы безошибочно идентифицировать новый элемент. За эталон был взят аргон (в пробирке). И на основе этой новой методики анализа 22 марта было проведено тщательное спектроскопическое исследование полученного газа. Заключительная и наиболее ответственная часть опыта описана в лабораторной тетради Рамзая следующим образом: «...Поместили пробирку с но-



В. Рамзай в лаборатории

вым газом и пробирку с аргоном под спектроскоп. Трудности — в поддержании необходимой яркости. Тем не менее, увидели, что желтая линия нового газа не является линией натрия, хотя в магниевой пробирке наблюдались также линии натрия и водорода» [2, стр. 140].

Рамзай в присутствии профессора Б. Браунера (из Праги), который весь день (22 марта) находился в его лаборатории, сравнивал спектр нового газа со спектром аргона. Не вызывало сомнения, что желтая линия полученного газа не совпадает с желтой линией натрия.

23 марта Рамзай более тщательно сравнивает спектры аргона и выделенного нового газа. Вывод был таким: «Яркая желтая линия «криптона»¹⁷ не принадлежит натрию и в спектре аргона отсутствует».

Последняя стадия работы над гелием хорошо отражена Рамзаем в письме к жене: «... Сначала расскажу о самой большой новости. В пятницу я выделил новый газ и организовал эксперимент таким образом, чтобы в одно и то же время в спектроскопе можно было наблюдать спектр и аргона и нового газа. Спектр отчетливо показывал присутствие аргона. Однако, кроме этого, была видна изумительно яркая желтая линия, не совпадающая, но очень близкая к желтой линии натрия. Я был озадачен и послал Круксу ампулу с газом. На следующее утро, в субботу, когда В. Харли, Дж. Шилдс и я работали в темной комнате над спектром, была получена телеграмма от Крукса следующего содержания: «Криптон есть гелий, 587,59, приходите и посмотрите»¹⁸.

Тебе, может быть, интересно, что гелий — это название, данное одной из линий солнечного спектра, о которой было ранее известно, что она должна характеризовать элемент, существование которого на Земле неизвестно.

¹⁷ «Криптон» — тайный, скрытый. Впоследствии криптоном был назван один из инертных газов.

¹⁸ Измерение длины волны для «криптона» дало величину 587,59 мкм, что хорошо совпало с длиной волны линии D₃ солнечных протуберанцев (587,598 мкм).

Я назвал этот газ криптоном, зная, что его спектр указывает на что-то новое. Длина волны криптона 587,49. Это весьма волнующее открытие, и я немедленно телеграфировал об этом Берто: «Газ, полученный из моего клевета, представляет смесь аргона и гелия. Крукс идентифицировал спектр газа. В понедельник собираюсь информировать Академию».

Ты понимаешь, что это открытие должно вызвать в Париже сенсацию, и мы должны иметь неслыханный успех.

Я также написал лорду Рэлею и завтра сообщу в Королевское общество, однако это просто будет заявка на приоритет. Я уже скупил весь клевет, который можно было достать в Лондоне за 18 шиллингов» [2, стр. 145].

Вскоре Рамзай получил письмо от Крукса с более подробным изложением результатов его анализа спектра газа. Поначалу Крукс не сомневался, что желтая линия принадлежит натрию, однако исключительная яркость этой линии навела на мысль точнее измерить длину волны желтой линии спектра. Крукс писал: «Я только что измерил длину волны того, что, как я прежде полагал, был натрий. Измеренная мною длина волны 587,49, или гелий. Вы собирались телеграфировать Французской Академии. Я же послал телеграмму в Университетский колледж следующего содержания: «Криптон» — это гелий, приходите, чтобы убедиться в этом¹⁹. Примите мои поздравления по случаю блестящего открытия [2, стр. 146].

Так, открытие «земного» гелия стало свершившимся фактом [27, 28]. Он оказался весьма легким газом, лишь вдвое тяжелее водорода, легчайшего из всех известных веществ²⁰.

¹⁹ Получив телеграмму, Рамзай немедленно посетил Крукса и убедился, что новый газ — гелий. Он записал в дневнике: «Приехал — увидел».

²⁰ Любопытно, что после почти одновременного открытия гелия на Солнце Жансеном и Локьером, открытие его на Земле было снова дублировано двумя учеными, работающими независимо друг от друга. Шведский химик П. Клеве (1840—1905 гг.), по имени которого назван минерал клевет, также решил в 1895 г. исследовать содержащиеся в нем газы. Не имея никакого представления о том, что Рамзай уже успешно решил эту задачу, Клеве поручил своему студенту Ланглету провести анализ минерала. Ими также был обнаружен гелий.

25 марта Рамзай отправил в Королевское общество сообщение: «О газе, показывающем спектр гелия» [29]. Первое публичное сообщение об открытии нового элемента было сделано им 27 марта на годовом собрании Лондонского химического общества, хотя на годовых собраниях научные вопросы обычно не обсуждались. После вручения лорду Рэлею медали Фарадея президент общества профессор Г. Армстронг сказал: «Обычно постановка других вопросов на собраниях этого рода не принята, однако профессор Рамзай готов сделать сообщение такой важности, что я просил его выступить перед Вами» [2, стр. 146]. Вот текст выступления Рамзая: «Изучая источники соединений аргона, я повторил опыты Гиллебрандта с клевеитом, который, как хорошо известно, при кипячении с серной кислотой выделяет газ, прежде считавшийся азотом. Фактически газ почти не содержал азота. Его спектр в трубке Плюкера показал все характерные для аргона линии, и, кроме этого, линию, весьма близкую, но не совпадающую с линией натрия D. Имеется также ряд других линий, из которых наиболее характерна зелено-голубая. Атмосферный аргон дает, кроме этого, три фиолетовые линии, которые исключительно слабы в спектре газа из клевеита. Это показывает, что атмосферный аргон может содержать помимо аргона другой газ, который еще не выделен, и возможность присутствия которого определяется аномальным положением аргона в периодической системе.

Не располагая спектроскопом для точных измерений, я послал пробирку с новым газом Круксу, который идентифицировал его желтую линию с линией солнечного элемента, которому ранее было дано название «гелий» [2].

Короткое сообщение об открытии гелия было опубликовано 29 марта 1895 г. в журнале «The Chemical News» [27].

Существование гелия, в отличие от аргона, не вызвало каких-либо сомнений, и попыток опровергнуть результаты, полученные Рамзаем, не было. Возникли, однако, некоторые осложнения в интерпретации спектра гелия. На собрании Британской ассоциации ученые К. Рунге и Ф. Пашен заявили, что, по их мнению, газ, полученный Рамзаем из клевеита, состоит из двух

компонентов. 6 июня они опубликовали в «Nature» небольшое сообщение, из которого следовало, что, по их данным, линия гелия не совпадает с известной линией D₃ солнечного спектра, соответствующей истинному гелию. «Поскольку спектр газа имеет два ряда линий, — писали авторы, — каждый из которых включает, в свою очередь, три серии, следует считать, что газ состоит из двух элементов. Желтая линия (587,5) принадлежит более тяжелому элементу, который по-видимому, является гелием... Нам удалось разделить эти элементы методом диффузии...» [2, стр. 151]. Однако вскоре выяснилось, что Рунге и Пашен наполняли трубки Плюкера при разном давлении; это и объяснило расхождение в оттенках спектральных линий. Повторные попытки разделить «два» элемента результатов не дали.

28 марта Рамзай вместе с женой прибыл в Париж и 29 марта прочитал лекцию во Французском химическом обществе об открытии аргона. В конце лекции он сообщил и об открытии им гелия, продемонстрировав при помощи спектроскопа прямого видения спектр обоих газов. Позже Рамзай писал: «Зал был переполнен. В шести футах от меня я видел великого Бертло, и я не решился говорить без тетради и был вынужден читать все, что должен был сказать». То были незабываемые, волнительные минуты в жизни ученого, триумф которого отмечался высокоавторитетными коллегами.

31 марта Рамзай был гостем Бертло, которому он привез пробирку с аргоном для проведения опытов по взаимодействию его с парами органических соединений под влиянием электрической искры.

Открытие гелия вызвало большой интерес. Рамзай получил поздравления от лорда Кельвина, Я. Вант-Гоффа, Э. Фишера, В. Мейера, Р. Бунзена. Особенно взволновало открытие гелия старого Бунзена, — одного из создателей спектрального анализа.

Вскоре было обнаружено, что гелий содержится не только в минералах, но и в газообразных выделениях различных естественных источников, а также и в атмосфере.

Теперь предстояло изучить физико-химические свойства нового элемента. Оказалось, что гелий, подобно аргону — химически инертный газ: ни пропусканием

электрической искры, ни действием различных химических агентов не удалось заставить его вступить в химическую реакцию. Пришлось поэтому так же, как и с аргоном, применить физические методы определения плотности нового газа и атомного состава его молекулы.

Данные измерения длины звуковой волны в гелии говорили об одноатомности его молекул. Определив отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме, Рамзай получил величину 1,66, что также указывало на одноатомность молекул гелия. Следовательно, атомный вес гелия можно было определить, исходя из его удвоенной плотности. Уже в 1895 г. ряд ученых (П. Клеве, А. Ланглет) и сам Рамзай, занимаясь определением плотности гелия, точно установили, что атом гелия в четыре раза тяжелее атома водорода, т. е. атомный вес гелия равен 4 [30]. После водорода это был самый легкий газ.

1 мая 1895 г. в письме Дж. Мак Гоуэну Рамзай сообщал: «Я получил почти чистый гелий. Его спектр дает следы азота. Плотность газа 3,86, и, подобно аргону, он одноатомен²¹. Его спектр содержит все, что может быть красивым во всех спектрах. Вообразите Li, Na, H, Tl и Cs в одном и том же спектре, и Вы получите наглядную картину спектра гелия» [9].

В процессе исследований газов, выделенных из минералов, было выяснено, что монацит, оранжсит, торит, зенотит²² и другие минералы дают при обработке гелий.

В конце 1895 г. появилась работа В. Рамзая, И. Колли и М. Траверса «Гелий — компонент ряда минералов» [32], в которой были обобщены результаты работ Рамзая и его сотрудников по гелию.

На существование гелия в атмосфере впервые в 1895 г. указал Г. Кайзер [33], а затем — и другие ученые [34—36]. Экспериментальное доказательство присутствия гелия в воздухе дал в 1898 г. Э. Бэли. В том

²¹ Более точные физические свойства гелия были установлены Рамзаем и Траверсом в 1904 г. [31].

²² Монацит — фосфат церия, оранжсит и торит — силикаты тория со следами урана и свинца, зенотит — фосфат иттрия.

же году Рамзай и Траверс выделили гелий из жидкого воздуха²³.

Обратив внимание на то, что аргон и гелий обладают одинаковым специфическим свойством — полной химической инертностью, Рамзай стал их рассматривать как родственные элементы [37,38].

Реферируя статью Рамзая и Колли «Гелий и аргон, опыты, которые показали неактивность этих элементов» [39], Оствальд писал: «Имеются все основания утверждать, что аргон и гелий являются невалентными элементами, т. е. неспособными образовывать соединения! (Но в каком же состоянии содержится гелий в клевете?)²⁴». [40, стр. 683].

Впервые обнаружив гелий в урановых и ториевых минералах, Рамзай фактически открыл совершенно новую область исследований, существенно отличающуюся от направления работ по аргону. В следующей главе будет показано значение того факта, что гелий, единственный из инертных газов, существует не только в свободном состоянии, но и встречается в минералах, несмотря на свою химическую инертность.

Изучению гелия было посвящено большое число исследований. Только за первые тридцать лет с момента его открытия (1895—1925 гг.) было опубликовано более 900 работ, в которых рассматривались различные аспекты изучения и применения гелия [41].

Криптон

24 мая 1894 г., т. е. еще до открытия аргона, Рамзай писал Рэлею: «Не приходило ли Вам в голову, что в периодической таблице имеется место для газообразных

²³ Попытки сжижения гелия предпринимались еще в 1895 г. К. Ольшевским, о чем сообщил Рамзай на страницах «Nature» (т. 52, стр. 544). Однако они не увенчались успехом; не удалось они также и Дьюару (1901 г.). Только в 1908 г. Камерлинг Оннес в Лейдене получил жидкий гелий; твердый гелий получен В. Кеэзом в 1926 г.

²⁴ В 1896 г. В. А. Тилден специально изучал вопрос, соединен ли гелий химически в гелий-закрывающих минералах? Он пришел к выводу, что гелий находится в клевете и других минералах в состоянии окклюзии.

24th May, 1894.

Dear Lord Rayleigh,

Has it occurred to you that there is some few nervous elements at the end of the first column of the periodic table? Thus:-

Li	Be	B	C	N	O	F	XXX
—	—	—	—	—	—	Cl	—
—	—	—	—	—	—	Mn	Fe Co Ni
—	—	—	—	—	—	Br	—
—	—	—	—	—	—	?	Pd Ru Rh
etc.							

Such elements should have 1/2
density 20 or thereabouts, or 0.8
pc. (= 1/20th about) of the nitro-
gen of the air would so raise the
density of Nitrogen that it would
stand to pure nitrogen in the ratio
230 : 231.

Yours sincerely
W. Ramsay.

Письмо Рамзая к Рэлею (24 мая 1894 г.)

элементов? Например,

Li	Be	B	C	N	O	F	X	X	X
						Cl			
						Mn	Fe	Co	Ni
						Br			
						?	Rd	Ru	Rh

Эти элементы должны иметь плотность 20 или около этого?» [2, стр. 110].

Напомним, что Рамзай некоторое время склонялся к мысли о том, что новые газы могут быть расположены в периодической системе в виде триад, подобно триадам железо — кобальт — никель и палладий — рутений — родий. По его мнению, должна была существовать группа из трех газов с одинаковой или почти одинаковой плотностью.

Открытие аргона и гелия с идентичными физико-химическими свойствами, по-видимому, еще больше укрепили убежденность Рамзая в возможности существования триад. Неудивительно поэтому, что ученого не оставляет мысль о вероятности открытия по крайней мере еще одного элемента, принадлежащего к тому же семейству.

Наиболее ярко эта мысль нашла свое выражение в знаменитом выступлении ученого на открытии Химической секции съезда Британской ассоциации в Торонто (август, 1897 г.). Свою речь «Неоткрытый газ» Рамзай начал словами: «Я позволяю себе воспользоваться случаем впасть в опасную роскошь пророчеств... Предметом моего сегодняшнего сообщения является новый газ. Я опишу Вам далее его интересные свойства, но было бы неблагоприятно скрыть сейчас от Вас одно из самых замечательнейших его свойств — это то, что он еще не открыт. А так как он еще не родился, то он еще и не окрещен никаким именем» [42, стр. 200].

Рамзай привел в качестве примера следующий ряд триад элементов, обратив внимание на то, что для каждой из этих групп разница между атомными весами рядом стоящих элементов близка к 16 или 20, а разница атомных весов крайних членов групп составляет ~ 36.

	Атомный вес	Разница	
Фтор	19		
Хлор	35,5	16,5	} 36
Марганец	55	19,5	
Кислород	16		
Сера	32	16	} 36,3
Хром	52,3	20,3	
Азот	14		
Фосфор	31	17	} 37,4
Ванадий	51,4	20,4	
Углерод	12		
Кремний	28,3	15,3	} 36,1
Титан	48,1	19,8	

Поскольку разница между атомными весами аргона и гелия также составляет 36, Рамзай предположил, что атомный вес еще неоткрытого элемента должен быть на 16 единиц больше гелия и на 20 единиц меньше аргона, т. е. должен быть равен 20.

Таким образом, новый элемент должен находиться между гелием и аргоном, а по своим химическим свойствам должен быть сходным с ними, т. е. обладать такой же химической инертностью, как и два других родственных ему элемента.

Существование нового газа Рамзай предсказал, как мы уже знаем, в августе 1897 г. в одном из своих выступлений. Однако попытки открыть новый элемент были начаты им значительно раньше.

На первоначальном этапе работы основные усилия были направлены на изучение газов, содержащихся в минералах, метеоритах и природных водах. При этом изучались практически все доступные в то время минералы, большая часть которых была предоставлена в распоряжение Рамзая и его сотрудников Британским музеем (в числе образцов были монацит, фергусонит, самарскит, колумбит и другие редкие минералы). Одно-

временно изучались метеориты нагреванием их в безвоздушном пространстве с последующим анализом выделяющихся при этом газов ²⁵.

В этот же период были исследованы газы из различных минеральных источников Англии, Шотландии и Исландии. В 1897 г. Рамзай совместно с Траверсом предпринял экспедицию во французские Пиренеи с целью тщательного изучения газов, выделяющихся из местных природных источников.

В процессе кропотливых и довольно трудоемких исследований минералов, метеоритов и природных источников был проведен спектральный анализ многих полученных газов. В ряде случаев спектр характеризовался четкими линиями аргона, другие пробы красноречиво говорили о высоком содержании гелия или о сложной смеси уже известных газов. Однако каких-либо следов «неоткрытого газа» обнаружить пока не удавалось. Безрезультатными оказались также и опыты по фракционированной диффузии гелия и аргона.

И все же долгие и трудные дни, проведенные исследователями в лаборатории, было бы неправильно считать потерянным временем. В течение 1895—1897 гг. значительно усовершенствовались методы и техника работы со сравнительно небольшими количествами газов. В частности, в лаборатории Рамзая были сконструированы новые оригинальные приборы для идентификации спектров и определения плотности газов. Именно в эти годы была заложена техническая основа, без которой было бы трудно ожидать блестящих открытий новых газов.

Необходимо заметить, что в эти же годы наметился существенный сдвиг в развитии техники сжижения газов, что позволило приступить к разработке принципиально новых методов разделения газовых смесей.

В 1895 г. В. Хэмпсон в Англии и Г. Линде в Германии запатентовали процесс сжижения газов. Доктор Хэмпсон и г-н Муррей — директор «Брин Оксиджен Компания» спроектировали и построили лабораторную установку для сжижения воздуха или кислорода мощностью

²⁵ Обнаружив аргон в одном из образцов метеоритного железа, Рамзай пришел к интересному выводу, что по следам аргона «очень вероятно... удастся выяснить происхождение метеоритов» [42, стр. 204].

1 л/час²⁶. Они же в конце 1897 г. снабдили Рамзая некоторым количеством жидкого воздуха. В феврале 1898 г. Траверс начал собирать аппарат, описание которого было дано позже в работе Рамзая и Траверса о приготовлении и свойствах чистого аргона. В этой работе приводится схема прибора²⁷. Предполагалось на установке получить около 15 л аргона.

Успешное развитие экспериментальной техники сопровождалось теоретическими работами по изучению физики атмосферы. Еще в 1887 г. английский физик Стони опубликовал работу, в которой приводились расчеты предельных значительных молекулярных весов газов, которые могут быть удержаны в атмосфере планет различных масс. В работе впервые давалось удовлетворительное объяснение причин отсутствия атмосферы на Луне и показывалось, почему Земля может удерживать в своей атмосфере углекислый газ, аргон, кислород, пары воды и только следы водорода. В то же время становилось ясным, почему в солнечной атмосфере содержится большое количество водорода и гелия.

Ход рассуждений Стони сводился к следующему. Расчеты, основанные на молекулярно-кинетической теории, показывали, что молекулы газа, движущиеся со скоростью, большей чем 10,5 км/сек, должны покинуть атмосферу Земли. Исходя из предположения, что температура на границе земной атмосферы составляет —66° С,²⁸ среднеквадратичные скорости легких газов в атмосфере Земли составляют для водорода всего 1,6 км/сек, для гелия 1,13 км/сек и для паров воды 0,52 км/сек.

Однако количество молекул, преодолевающих земное тяготение, определяется не среднеквадратичной их ско-

²⁶ Новый холодильный аппарат Хэмпсона впервые был продемонстрирован 21 марта 1895 г. на кислородном заводе Брина. Английский патент на это изобретение взят 23 мая 1895 г.

²⁷ Использовался метод, уже примененный Рамзаем в 1894 г., только в гораздо больших масштабах. Например, атмосферный азот получался пропусканием воздуха через трубку из стали над медными опилками. Трубка обогревалась в газовой печи. При этом кислород практически удалялся полностью. Для адсорбции азота использовался не магний, а смесь обожженного мела с порошком магния. Эта смесь, будучи подогретой в стеклянной трубке, адсорбировала азот очень быстро.

²⁸ Граница земной атмосферы, по Стони, — по-видимому, нижняя часть стратосферы, температура которой, по современным данным, в среднем равна —56° С — Ю. С., Л. П.

ростью, а вероятностью достижения некоторыми молекулами газа скорости, превышающей 10,5 км/сек. В частности, молекулы водорода покидают земную атмосферу со скоростью, превышающей его среднеквадратичную скорость в 6,53 раза (10,5/1,6), для молекул гелия это отношение составляет 9,27. В то же время, поскольку среднеквадратичная скорость молекул воды незначительна (0,52 км/сек), она составляет только $1/20$ теоретической скорости, при которой молекулы могут покидать атмосферу Земли. В связи с этим вода практически полностью остается в земной атмосфере.

Из работы Стони следовало, что любой газ с плотностью, равной 10 (т. е. превышающей плотность паров воды), должен практически полностью оставаться в земной атмосфере. Этот вывод Стони лег в основу последующих исследований Рамзая и Траверса²⁹, начатых в 1898 г.

Исследователи вновь обратились к изучению состава атмосферы и, прежде всего, решили более тщательно изучить различные фракции, образующиеся при испарении жидкого воздуха.

В соответствии с накопленными к этому времени экспериментальными данными и теоретическими предпосылками можно было ожидать, что в результате очередной серии исследований «неоткрытый газ» Рамзая с атомным весом меньше атомного веса аргона будет обнаружен именно в атмосфере.

Однако логичное и естественное развитие событий было на этот раз нарушено неожиданным и совершенно незапланированным открытием. 24 мая 1898 г. доктор Хэмпсон принес в лабораторию Рамзая цилиндрический сосуд Дьюара с жидким воздухом, который вначале предполагалось использовать для сжижения аргона с последующим отбором легких фракций.

Рамзай и Траверс, однако, быстро убедились, что располагают крайне недостаточным количеством жидкого воздуха и поэтому решили ограничить эксперимент

²⁹ Крупной заслугой Траверса является разработка им техники разделения инертных газов и, в частности, разработка (независимо от Дьюара) оригинального аппарата для сжижения водорода, что позволило осуществить успешное сжижение и фракционирование гелиево-аргоновых смесей.



М. Траверс

перегонкой жидкого воздуха, чтобы отработать технику его фракционирования методом перегонки. Поиск нового элемента программой эксперимента не предусматривался.

В лабораторной тетради имеется следующее весьма краткое описание опыта: «Жидкий воздух объемом 750 см^3 упаривался (перегонялся.— Ю. С., Л. П.) до тех пор, пока в виде газа не было отобрано 4900 см^3 воздуха». На следующем этапе в газообразное состояние был переведено оставшееся количество жидкого воздуха и последняя фракция газа вытеснялась из сосуда Дьюара водой. Таким образом, в ходе эксперимента была отобрана наиболее тяжелая фракция жидкого воздуха, с очисткой которой и ее спектральным анализом Рамзай не торопился, так как на получение сколько-нибудь интересных результатов не рассчитывал.

Анализ фракции был сделан только через неделю, о чем в лабораторной тетради рассказывает волнующая запись: «31 мая. Новый газ, Криптон». Полученный из жидкого воздуха газ был утром очищен от кислорода

пропуская его над нагретой металлической медью. После этого азот адсорбировался магнием, а остаток газа смешивался с кислородом, через который пропусклась электрическая искра. Когда Траверс и Дж. Уокер возвращались в лабораторию, Уокер в шутку спросил: «Ну, что получим новый газ сегодня?» «Безусловно», — ответил Траверс [2, стр. 173]. После удаления остатка кислорода фосфором небольшое количество газа было переведено в трубку Плюкера для спектрального анализа. Рамзай и Траверс при помощи спектроскопа тотчас же убедились, что в трубке содержится новый газ. Яркая желтая линия в спектре не могла принадлежать гелию, поскольку исследователи имели дело с наиболее тяжелой фракцией газа. Даже сильное загрязнение электродов натрием не могло бы дать линию такой интенсивности зеленовато-желтого оттенка. В спектре была так же отчетливо видна ярко-зеленая линия, которая не могла принадлежать ртути.

Траверс немедленно направился в кабинет Рамзая, чтобы сообщить ему об открытии нового газа. Рамзай в это время писал письмо жене, которое закончил словами: «Прерываю. Ура. Наконец открыт новый газ. Пока не говори никому...» [2, стр. 173].

Трубка Плюкера с первым образцом нового газа была заполнена и передана сотруднику лаборатории Э. Бэли, который измерил длины волн всех наиболее важных линий спектра. Рамзай и Траверс начали работу по определению плотности газа. Применялась колба емкостью $32,35 \text{ см}^3$, которая была заполнена при давлении $521,85 \text{ мм рт. ст.}$ и температуре $15,95^\circ \text{C}$. Плотность газа оказалась равной $22,47$ ($\text{O}_2 = 16$, $\text{Ar} = 19,94$).

Значение плотности сразу же показало, что новый газ не является тем «неоткрытым газом», существование которого было предсказано Рамзаем в Торонто в 1897 г.³⁰ [42].

³⁰ В своей нобелевской лекции «Последовательность событий» Рамзай утверждал: «... было также очевидно, что должно существовать еще по крайней мере три других элемента того же класса...

Уверенный в том, что эти элементы будут открыты, я предсказал открытие нового элемента в председательской речи, с которой я выступил в Химической секции Британской ассоциации в Торонто в 1897 г. Я не сомневался в правильности предсказания: необходимость наличия нового элемента с меньшим атомным весом была

Значение отношения удельных теплот, равное 1,676, показало, что собранный в колбе газ является смесью аргона с одноатомным газом более высокого атомного веса. Повторные определения плотности и удельных теплот дали новые значения: соответственно 22,51 и 1,666.

Из английских ученых первым об открытии нового элемента был поставлен в известность Рэлей. «Помимо членов моей семьи, Вы являетесь первым человеком, которого я информирую, что Траверс и я выделили из воздуха новый газ,— писал Рамзай 2 июня,— газ дает три весьма характерных линии D_4 , почти идентичных линиям D_3 и почти таких же ярких. Я отправил сообщение об открытии в Королевское общество и также во Французскую Академию наук. Благодаря Хэмпсону мы можем располагать любым количеством газа и будет нетрудно выделить его из аргона замораживанием.

У нас 15 литров аргона. Мы дали новому газу название криптон; если Вы помните, это название рассматривалось нами для аргона, но было отвергнуто» [2, стр. 174].

9 июня 1898 г. сообщение об открытии криптона было прочитано на заседании Королевского общества.

Подробные сообщения об открытии криптона появились в прессе, в английских газетах «Таймс» и «Стандарт». Но первое сообщение об открытии криптона появилось 7 июня в одной из французских газет, что объясняется тем, что Рамзай известил о нем А. Муассана телеграммой от 6 июня.

очевидна, хотя почти с такой же вероятностью можно было утверждать, что еще два «элемента ждут своего открытия» (см. приложение).

Было ли, однако, существование «двух других элементов» столь очевидным для Рамзая, как это утверждает ученый? Его выступление в Торонто с предсказанием существования неоткрытого газа хорошо известно. После открытия аргона и гелия Рамзай неоднократно выступал на эту тему как в печати, так и в публичных лекциях, однако тщетно было бы искать здесь какого-либо упоминания о возможности существования «двух других элементов».

Более того, судя по воспоминаниям Траверса, открытие криптона оказалось для Рамзая неожиданностью: «... в волнении Рамзай принял криптон за его «неоткрытый газ», забыв, что последний следует искать только в наиболее легких фракциях». Несколько скептически вначале отнесся Рамзай и к открытию ксенона.

Неон

В сообщении об открытии криптона Рамзай выразил надежду, что предсказанный им в Торонто новый газ будет обнаружен в самое ближайшее время. «Если исходить из предположения,— заявил ученый,— что гипотеза Стони верна и что газы более высокой плотности, чем аммиак, могут быть составной частью атмосферы, то нельзя исключить возможность того, что в атмосфере может быть найден газ, более легкий, чем азот. Мы уже потратили несколько месяцев на предварительную исследовательскую работу и вскоре сможем сообщить, насколько верны были наши предположения» [2, стр. 175].

Дьюар также заявил о результатах поставленных им экспериментов, которые, по его мнению, достаточно убедительно показали возможность существования легкого газа. Дьюар намеревался в ближайшем будущем сообщить об окончательных результатах Королевскому обществу.

Можно сказать, таким образом, что открытие нового газа буквально «носилось» в воздухе.

7 июня 1898 г. был поставлен новый эксперимент³¹. В лабораторной тетради № 4, стр. 211 имеется такая запись: «7 июня. При первом кипячении азота — неон. Группа линий фиолетовых, красных и зеленых». Атмосферный азот конденсировался в сосуде, охлаждаемом жидким воздухом. Во время опыта отбиралась небольшая летучая фракция, из которой затем удалялся азот. Неактивный остаток изучался спектроскопическим путем.

Новый газ свое «имя» получил при следующих обстоятельствах. «Трубка светилась,— вспоминал Рамзай,— ярко-красным светом, зависящим от большого числа красных линий. Когда мы в первый раз рассматривали этот спектр, при этом находился мой двенадцатилетний сын Вилли. «Отец,— сказал он,— как называется этот краси-

³¹ Утром этого дня Рамзай, встретив Траверса после лекции, сказал ему: «Мы должны со всей серьезностью отнестись к высказываниям Дьюара о возможности существования в воздухе легкого газа. Сегодня же необходимо приступить к сжижению и перегонке аргона.... К сожалению, я принял приглашение участвовать в пикнике. Поскольку там будут некоторые химики, известные Дьюару, я не хотел бы отказываться от пикника, так как это может создать у Дьюара впечатление, что у меня есть какое-то неотложное дело. Вокер, Бэли и Хэмпсон окажут тебе всю необходимую помощь» [2, стр. 175].

вый газ?» «Это еще не решено»,— ответил я. «Что, он новый?» — полюбопытствовал он. «Новооткрытый»,— возразил я. «Почему бы в таком случае не назвать его повит, отец?» «Это не идет, потому что повит не греческое слово,— ответил я,— но мы назовем его неоном, это по-гречески значит новый» [2, стр. 175].

Следующий этап постановки опытов — перегонка жидкого аргона. В цилиндрическом сосуде Дьюара с обратным холодильником сжижалось около трех литров аргона. В процессе его перегонки были получены три наиболее легкие фракции, которые с целью удаления следов азота обрабатывались горячей известью и магнием. При этом самая легкая фракция дополнительно обрабатывалась воздействием электрического разряда в присутствии кислорода. Плотность газа, полученного таким образом, составляла 17,24, что являлось первым «намеком» на содержание в воздухе газа с атомным весом меньше атомного веса аргона. Спектральный анализ, однако, не подтвердил наличия неона, что может быть объяснено относительно высоким процентным содержанием аргона и интенсивностью его линии в спектре, что мешало идентификации неона.

Программа дальнейших экспериментов предусматривала разработку более совершенной аппаратуры и методики разделения газовых смесей. В частности, применяя повторную перегонку, Рамзай и Траверс рассчитывали добиться более высокой степени разделения компонентов. При этом значительное внимание уделялось очистке фракций, отбираемых в ходе эксперимента для анализа. Наиболее легкая фракция освобождалась от примесей воздействием электрического разряда.

В целом весь эксперимент по выделению неоновой фракции оказался весьма сложным и включал большое количество операций, каждая из которых требовала напряженного внимания и соблюдения исключительной точности. Необходимо отметить, что в ходе опыта было сконденсировано около 15 л аргона, из которых была получена лишь единственная и весьма незначительная по своему объему неоновая фракция³².

³² Предыдущие опыты убедительно свидетельствовали, что поиски «неоткрытого газа» приближаются к логическому завершению. Плотность первой фракции газа, полученной при сжижении и пе-

Уместно привести здесь выдержку из воспоминаний Граверса, характеризующих кульминационную стадию эксперимента. «Когда эксперимент вступил в завершающую стадию, которая заключалась в удалении кислорода фосфором, Рамзай и Траверс посмотрели друг на друга, и затем Рамзай сказал с улыбкой: „Ты моложе, Траверс, приступай“» [2, стр. 178]. К счастью, опыт закончился успешно, и газ был отобран в трубку Плюкера. На первый взгляд, в свечении газа не было ничего неожиданного. Гелий давал желтое или зеленое свечение в зависимости от давления газа, аргон давал свечение с красно-голубым оттенком в зависимости от характера разряда, и, наконец, свечение аргоно-криптоновой смеси дало голубоватый оттенок.

Однако свечение газа с плотностью 12,2, полученного в последних опытах, оказалось поразительным по красоте. Рамзай и Траверс долгое время любовались малиновым свечением трубки. Сохранилась запись в лабораторной тетради: «Газ обнаружил великолепный спектр с основными линиями в красной области и некоторыми линиями в зеленой и фиолетовой областях спектра. Желтая линия — довольно яркая и сохраняется в очень высоком вакууме, даже фосфоресцирует.

Длина волны желтой линии D ₅	5849,6
Криптон D ₄	5866,5
Натрий D ₁	5895,0
Натрий D ₂	5889,0
Гелий D ₃	5 875,9» [2, стр. 178].

Обычно трубка Плюкера подключалась к электрическому току (индукционная катушка) и после этого для наблюдения использовался спектроскоп прямого видения. Однако в этом случае спектроскоп не потребовался, и в первый раз трубка сама засветилась ярко-малиновым цветом.

Изучение спектра показало, что газ главным образом состоял из неона. Его плотность 14,67, что соответствовало смеси 53,3% неона (плотность 10) с 46,7% аргона (плотность 20).

регонке азота, свидетельствовала о том, что получена смесь, состоящая из аргона и 30% газа с плотностью, равной 10. Новая фракция могла целиком состоять из неона.

В процессе экспериментальной работы, приведшей к открытию неона, анализировались практически все аргонные фракции. При этом результаты анализа одной из фракций, и в особенности необычный спектр и значение плотности, близкое к плотности аргона, направили исследователей по ложному следу: был сделан ошибочный вывод о существовании нового газа, названного ими «метаргоном». Позже Траверс назовет открытие метаргона «печальным эпизодом в истории открытия редких газов»³³.

Рамзай попросил Траверса подготовить сообщение о результатах работы, что и было сделано в статье «О спутниках аргона» [43], в которой описывалась в основном история открытия неона, кратко упоминалось о «метаргоне», указывалось положение основных линий в спектре. Рукопись была опечатана в конверте с пометкой «Не открывать до четверга, 16 июня».

К с е н о н

В середине июля 1898 г. Рамзай и Траверс занимались фракционированием жидкого воздуха. Траверс откачивал газ, оставшийся в колбе, что обычно делалось без удаления жидкого воздуха, поскольку предполагалось, что любые следы газа, которые сконденсированы и нелетучи при температуре жидкого воздуха, должны быть следами углекислого газа.

³³ Ошибочное заключение о существовании «метаргона» основывалось главным образом на спектральных данных. Отличительным свойством «метаргона» являлась способность давать при пропускании электрической искры спектр, похожий на спектр окиси углерода. «Мы думали,— писали Рамзай и Траверс,— что получили газ, спектр которого отличался от спектра аргона, но который обладал почти такой же плотностью, как аргон; мы назвали этот газ метаргоном. Теперь мы нашли, что присутствие так называемого метаргона объясняется тем обстоятельством, что мы употребляли заключающий углерод фосфор для удаления кислорода из смеси этих газов, бывших тогда в нашем распоряжении. Эта смесь дает спектр, в некоторых частях тождественный со спектром окиси углерода, но отличающийся в том отношении, что в нем присутствуют также линии циана. Мы нисколько не сомневаемся, что так называемый метаргон, спектр которого виден только при высоком давлении и только при употреблении нечистого фосфора для удаления кислорода, надо приписать какому-либо соединению углерода» [43, стр. 1].

Траверсу пришла идея сначала удалить жидкий воздух и лишь затем собрать небольшие количества газа, которые остались в аппарате. В лабораторной тетради он записал: «Впервые получен Х. Фракции 29, 30, 31, 32, 33, 19 от опыта 14 июня и твердый остаток от опыта 11 июля собраны в газосборнике (все наиболее тяжелые фракции), сжижены, выпарены и снова собраны в семь пробирок. В каждой пробирке газ практически одинаков (№ 55, семь пробирок). Последняя фракция отобрана отдельно (56, примерно 7 см^3). Криптон. Около полночи. После этого отобрана фракция (№ 57) — главным образом CO_2 — при нагревании аппарата» [2, стр. 181].

Присутствовавший в лаборатории Рамзай сказал: «Это все. Остальное — только следы CO_2 . Можно идти домой». Траверс возразил: «Подождем. Я хочу собрать этот газ». Рамзай: «Не стоит. Это только CO_2 » [2, стр. 182]. Однако газ был все же Траверсом отобран (фракция 57). На следующее утро фракция 57 была изучена и в лабораторной тетради появилась запись: «Эта фракция получена как последняя из большого количества тяжелого воздуха и следов аргона... Было отобрано примерно 1 см^3 газа. Газ состоял главным образом из CO_2 . После обработки едким кали остаток ($0,3\text{ см}^3$) введен в вакуумную трубку. Линия криптона была очень слабой. Несколько красных линий (три ярких) и несколько голубых линий. Что это — криптон, который при этом давлении не дает желтых и зеленых линий, или новый газ? Скорее всего, новый газ» [2, стр. 182].

Это предположение не произвело на Рамзая большого впечатления, так как он мало верил в открытие более тяжелых газов, чем аргон, вероятно, под влиянием идеи о существовании «неоткрытого газа» неона или даже метаргона, которые должны были бы войти в триаду газовых элементов, имеющих близкие по значению атомные веса. Но теперь ему оставалось только найти название для новой составной части воздуха. Траверс предложил название, связанное с удивительным голубым свечением газа, однако подобрать такое название оказалось трудным, и, по предложению Рамзая, газ был назван ксеноном, или незнакомцем.

Летом 1898 г. Рамзай выступил на собрании Британской ассоциации с обзором работ по инертным газам.

Здесь же впервые было сделано сообщение об открытии ксенона.

После открытия ксенона последующие два года (1898—1900 гг.) Рамзай и Траверс посвятили разделению инертных газов с целью их более подробного изучения. Предстояло, в частности, решить трудную задачу, связанную с выделением в чистом виде неона из смеси аргона и гелия.

Людвиг Монд в лаборатории Рамзая построил установку для сжижения воздуха, в которой обеспечивалось давление до 190 атм.

С самого начала на установке получались фракции жидкого воздуха, обогащенные криптоном и ксеноном. После удаления кислорода и азота было получено 300 см³ газа, который сжижался под несколько большим давлением и затем разделялся на шесть фракций, самая легкая из которых отбрасывалась.

Далее оставшиеся пять фракций фракционировались, что сопровождалось их спектроскопическим исследованием и определением плотности после удаления из них кислорода.

Плотность фракций определялась в колбе емкостью 7,15 см³. Общее количество газа, которым располагали исследователи, составляло ~ 6 см³, давление в колбе ~ 470 мм, вес газа 0,0125 г.

В работе, опубликованной в ноябре 1900 г., Рамзай и Траверс отмечали: «Так как нам удалось из тяжелых и легких примесей выделить путем фракционной перегонки два образца газа, имеющих четко выраженные физические свойства, то мы можем с полным основанием предположить, что нами изолировано определенное химическое вещество» [2, стр. 186].

Одна из фракций — (почти чистый ксенон) объемом менее 4 см³ перегонялась повторно с целью удаления следов криптона. Плотность, определяемая в колбе емкостью 7,15 см³ при давлении 223 мм и весе газа 0,01114 г, составляла 63,9. Отношение удельных теплот (1,67) свидетельствовало в пользу одноатомности газа.

Разделение криптона и ксенона было основано на том, что давление пара криптона при температуре кипения жидкого воздуха значительно, тогда как давление пара ксенона при этих условиях едва заметно.

Отделение чистого неона от гелия и аргона было гораздо более трудной задачей. Сжижением и перегонкой 15 л аргона было получено около 50 см³ газа плотностью, равной 14, примерный состав которого следующий: аргон — 24 см³, неон и гелий — 19,5 см³. При фракционировании этого газа были получены две фракции: неон с примесью гелия (плотность 8,3) и неон с примесью аргона (плотность 9,8).

Следует, однако, отметить, что описание полученных фракций было основано только на измерении плотностей и спектроскопическом анализе. Фракции были далеко не чистыми и фактически представляли собой смесь всех трех газов, с неоном в качестве основного компонента. Определение действительной плотности неона оказалось весьма трудной задачей (значения его плотности колебались от 9 до 10).

По-видимому, оставался единственный еще не испытанный метод разделения гелия, неона и аргона, основанный на использовании в качестве охлаждающего агента жидкого водорода вместо применявшегося ранее жидкого воздуха.

К этому времени Ольшевский в Кракове и Дьюар в Лондоне показали, что водород может быть получен в жидком состоянии. Предполагалось, что Дьюаром уже был получен жидкий водород в вакуумной колбе, однако результаты этой работы не были опубликованы, а Рамзай по ряду причин не хотел обращаться к Дьюару за помощью.

Рамзай и Траверс решили построить установку для сжижения водорода в университетском колледже. Траверсу самому пришлось не только спроектировать установку, но и построить ее. Она включала газосборник, сжижитель, аппарат для получения водорода³⁴.

Неон от гелия отделялся при температуре кипения жидкого водорода, при этом неон превращался в жидкость, тогда как гелий оставался в газообразном состоянии. В лабораторной тетради имеется соответствующая запись: «Фракции He, Ne, Ar смешаны и подверглись сжижению. Первая фракция отобрана насосом, вторая — так же. Третья фракция отобрана после удаления жидкого водорода. Средняя фракция, отобранная во втором

³⁴ Позже эта установка была передана в Музей науки в Лондоне.

цикле, почти наверняка представляла собой практически чистый неон. Его количество было 15 см^3 ».

Плотность неона, определенная в колбе объемом 32 см^3 при давлении 314 мм и весе газа $0,01120 \text{ г}$, оказалась равной $9,94$. Повторное определение плотности дало величину $9,98$. Умножив среднее значение из двух приведенных цифр на 2, Рамзай записал атомный вес неона $19,96$. Получив этот последний результат, который отличался от предсказанного им же атомного веса неона, равного 20, на незначительную величину, Рамзай сказал: «Траверс, эту работу не нужно будет повторять 20 лет» [44, стр. 27, 145].

Указанные эксперименты явились завершением первого этапа работы Рамзая над инертными газами, начавшейся в апреле 1894 г. и продолжавшейся непрерывно в течение 6 лет.

Ниже приводятся значения атомных весов инертных газов, полученные Рамзаем (I), и для сравнения — современные значения (II):

	I	II
He	3,96	4,0026
Ne	19,95	20,183
Ar	39,92	39,948
Kr	81,64	83,80
Xe	128,02	131,30

Полученные результаты были обобщены в работе, прочитанной в Королевском обществе 15 ноября 1900 г. (за неделю до отъезда Рамзая в Индию) и опубликованной в журнале «Philosophical Transactions» [45].

Исследования Рамзая и его сотрудников по инертным газам представляли собой наиболее тонкую и точную экспериментальную работу, поставленную в области химии газов в XIX в.

О степени точности и ювелирности этих исследований можно судить по следующим данным. Одна объемная часть гелия приходится на $245\,000$ объемных частей атмосферного воздуха, неона — на $80\,800$, аргона — на 106 , криптона — на $20\,000\,000$ и ксенона — на $170\,000\,000$.

«Можно с уверенностью сказать, — говорил Рамзай, — что ксенона в воздухе меньше, чем золота в морской воде».

Инертные газы и периодический закон химических элементов

В 1897 г. в своей речи: «Открытие новых элементов за последние двадцать пять лет» К. Винклер говорил: «Мир химических процессов подобен театральным подмосткам, на которых непрерывно разыгрывается сцена за сценой. Действующими лицами являются в них элементы. Каждому из элементов назначена своя особенная роль, иногда роль статиста, иногда роль одного из главных действующих лиц» [46, стр. 75].

Говоря об успехах в открытии новых химических элементов и роли при этом периодического закона, Винклер отмечал особое «доказательство прогресса человеческой проницательности ... в тех выводах из периодического закона Менделеева, на основании которых было предсказано открытие многих элементов с заблаговременно при этом предсказанными свойствами.

Следствия, которые имела смелая спекуляция Менделеева, заставляют с полным правом признать, что с установлением периодической системы знание сделало значительный шаг в сторону света. В течение всего каких-нибудь пятнадцати лет все предсказания русского исследователя исполнились, и на до тех пор пустых местах системы стали новые элементы с заранее точно вычисленными свойствами; чего же другого можно было теперь ожидать при дальнейшем развитии науки, как не открытия экаакмия и экамарганца, вообще — одного из тех экаэлементов, которые по атомному весу должны бы были занять места, еще остающиеся пустыми в естественной системе элементов?

Тем поразительнее действовало на химиков недавнее открытие аргона и гелия, которые вовсе не оправдали этих ожиданий и даже вообще не допускают никакой связи с периодической системой» [46, стр. 73, 78].

Открытие аргона, а впоследствии его аналогов действительно явилось серьезным испытанием периодического закона. Ситуация сложилась так, что для новых элементов не оказалось свободных «мест» в таблице элементов. И это усугублялось еще и тем, что новые элементы обладали неожиданными и непредвиденными свойствами (нулевая валентность, одноатомность молекул). Все это вызывало значительные затруднения в

размещении инертных газов в периодической системе, обстоятельство, оживленно обсуждавшееся в литературе [47—51].

Некоторым ученым (Р. Назини, А. Пиччини, Б. Браунер) казались «бесполезными усилиями попытку применить к аргону и другим инертным элементам периодический закон, так как элементы эти лишены самого основного свойства, на котором построена вся система,— способности давать соединения, и не могут встать в такую классификацию, где основанием всего является именно форма соединения «элементов» (Р. Назини) [50, стр. 86]. Считалось даже, что новые элементы низвергают периодический закон, так как периодическая система не может вместить в себя эти элементы, даже по самому определению элемента, данному Менделеевым: «Элемент — та вещественная составная часть простого или сложного тела, которая обуславливает его физические и химические свойства» [49, стр. 84].

Иного мнения придерживались Рамзай и Рэлей, которые полагали, что, «если аргон представляет собой элементарное вещество, то с полным правом можно усомниться в полноте периодической системы элементов; не менее сомнительно, чтобы не могли существовать элементы, которых нельзя поместить среди тех, из коих она (система) состоит»³⁵ [49, стр. 80]. Авторы считали, что аргон можно поместить в VIII группу после хлора, ибо его физические свойства достаточно хорошо отвечают тем, которые можно предсказать для элемента, стоящего на указанном месте.

«Ряд, в котором стоят Si_4^{IV} , $\text{P}_4^{\text{III-IV}}$, $\text{S}_{8-2}^{\text{II-VI}}$ и $\text{Cl}_2^{\text{I-VI}}$ мог бы отлично закончиться элементом с одноатомной молекулой и без сродства, т. е. неспособным вступать в соединения, или же, если он способен давать таковые, то восьмиатомные; с другой стороны, он мог бы служить при своей одноатомности переходом к калию» [49, стр. 80].

³⁵ О трудностях нахождения места для аргона в периодической системе английский физик А. Рюкер писал, что, если бы периодическая система оказалась справедливой и в данном случае, то это послужило бы веским подтверждением правильности периодического закона. По его мнению, периодический закон не может быть отброшен «без того, чтобы не разрушить наши основные научные представления» [52, стр. 347].

Мы уже говорили, что Рамзай рассматривал периодический закон химических элементов как фундаментальный закон природы. 25 февраля 1895 г. Рамзай прислал Менделееву письмо, в котором, сообщив об открытии им аргона, писал, что «периодическая классификация совершенно отвечает его (аргона) атомному весу и даже он дает новое доказательство закона периодичности» [53, стр. 468]. Эти слова английского ученого Менделеев цитировал в шестом издании «Основ химии»:

«Из письма, полученного Д. И. Менделеевым от профессора Рамзая,—отмечалось в протоколе заседания отделения химии Русского физико-химического общества от 2 марта 1895 г.,—видно, что исследование аргона продолжается и что он находит свое место в периодической системе, но еще неизвестны ближайшие результаты исследования авторов (Рамзая и Рэлея.— Ю. С., Л. П.), давших важную новую задачу химии и образцовое исследование» [53, стр. 456].

Тогда же, в марте 1895 г., в шестое издание «Основ химии» Менделеев внес дополнение: «Аргон, новая составная часть воздуха». Здесь он писал, что «открытие аргона принадлежит к числу замечательнейших химических приобретений последнего времени; от лорда Рэлея и проф. Рамзая, сделавших это достопамятное исследование, должно ждать затем и дальнейшего уяснения природы аргона, что должно содействовать расширению основных химических понятий, для которых ученые Великобритании сыздавна вносят драгоценнейшие вклады» [53, стр. 463—464].

В августе 1895 г. Менделеев посетил Англию и Францию, где вместе с Рамзаем, Бертло и другими учеными обсуждал вопрос о природе вновь открытых газов — аргона и гелия. О результатах своей поездки он доложил 2 ноября 1895 г. на заседании Отделения химии Русского физико-химического общества.

Краткий отчет этого заседания опубликован в журнале общества. Более подробные сведения о поездке Менделеева за границу приводились в отчете, опубликованном в журнале «Научное обозрение», где говорилось: «Во время своей поездки за границу в нынешнем году он (Д. И. Менделеев.— Ю. С., Л. П.) имел случай беседовать об аргоне с Бертло и Рамзаем. Бертло указывал Менделееву на светимость аргона под влия-

нием тихого электрического разряда после известных манипуляций с CS_2 . Рамзай показывал все сделанное им в самое последнее время для выяснения природы аргона, но оба говорят откровенно, что они решительно не знают, что такое аргон³⁶. Рамзай продолжает утверждать, что аргон представляет собой, вероятно, смесь нескольких газов³⁷. Но если об аргоне мало известно, то все же «нельзя отрицать, что с аргона началась новая эра в химии», — говорит Менделеев, — «по причине открытия гелия, который получен такими же методами, как аргон, и обладает приблизительно такими же свойствами. Правда, о гелии, о природе его мы так же мало знаем достоверного, но во всяком случае он — нечто блистательное. Спектр его яркий, оригинален и можно только порадоваться, что удалось его открыть. Надо думать, что когда-нибудь откроются источники получения его в больших размерах и что тогда ближе будет раскрыта его природа» [54, стр. 102—103].

³⁶ Сам Менделеев первоначально придерживался мнения, что аргон — это полимеризованный азот N^3 , так относящийся к обычному азоту N^2 , как озон O^3 относится к обыкновенному кислороду. 12 февраля 1895 г. Менделеев послал Рамзаю телеграмму следующего содержания: «Лондон — Рамзаю. Профессору университета. Поздравляя открытием аргона, думаю молекулы содержат три азота, образуемые выделением тепла».

14 марта 1895 г. Менделеев, выступая в Русском химическом обществе, заявил, что атомный вес аргона 40 не соответствует периодической классификации элементов. По его мнению, экспериментальные данные не подтверждают достаточно убедительно существование аргона в виде соединения или смеси. С его точки зрения, наиболее вероятно, что аргон является аллотропической модификацией азота — «конденсированным азотом N_3 », который, как он полагал, должен являться исключительно устойчивым соединением [53, стр. 543].

Б. Браунер также считал, что новый газ может представлять собой полимерную модификацию азота, например N_3 , атомы которого ведут себя подобно одноатомному соединению. «Будучи ортодоксальным менделеевцем, — писал Браунер, — я только с большим трудом могу допустить возможность существования нового элементарного газа с атомным весом 20, 40 или 80 и точкой кипения $\sim 187^\circ \text{C}$ ». Поскольку экспериментально уже было доказано, что N_3 не может быть разложен термическим путем, Браунер предложил использовать для этой цели микроорганизмы.

³⁷ Подобного же мнения придерживались С. Фридлиндер, К. Рунге, Ф. Пашен, полагая, что аргон и гелий представляют собой смесь двух или более элементов.

В 1896 г. в книге «Газы атмосферы» в главе «Аргон и другие элементы» Рамзай весьма подробно обсудил проблему размещения новых элементов в VIII группе периодической системы. Пользуясь таблицей Крукса, Рамзай разместил элементы в вертикальных колонках:

	IV		VII		VIII		I
O	16,0	H	1,01	He	4,2	Li	7,0
S	32,1	F	19,0	?	?	Na	23,0
Se	79,0	Cl	35,5	Ar	39,9	K	39,1
Fe	126,3	Br	80,0	?	?	Rb	85,4
		J	126,9	?	?	Cs	132,8

В 1897 г. датский физико-химик Ю. Томсен, исходя из того, что при возрастании атомного веса переход от электроположительного элемента к электроотрицательному совершается или постепенно — для элементов одного и того же ряда, или внезапно — при переходе от последнего члена одного ряда к начальному члену следующего ряда, высказал предположение о существовании электрически индифферентных элементов [55]. Дополняя периодическую систему неактивными элементами с атомными весами 4, 20, 36, 84, 132, 212, 292, Томсен получил следующую таблицу:

I	Водород	0	.	.	.	1	.	.	.	4
II	Литий—фтор	4	7	9	11	12	14	16	19	20
III	Натрий—хлор	20	23	24	27	28	31	32	35,5	36
IV	— Калий—бром	36	39	40	.	.	.	79	80	84
V	Рубидий—йод	84	85	87	.	.	.	125	127	132
VI	Цезий	132	133	147	.	.	.	.	.	212
VII	.....	212	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	292

В 1898 г., вслед за Томсеном, Крукс выдвинул аналогичную идею. «В настоящее время, благодаря открытиям лорда Рэлея и проф. Рамзая,— писал английский ученый,— мы стали лицом к лицу с целой группой веществ, не обладающих химическими свойствами и стоящими, таким образом, в стороне от всех прочих элементов. В моей схеме все такие элементы, как гелий, аргон и криптон, находят себе совершенно естественное место, располагаясь друг под другом по нейтральной оси. Гелий, с его атомным весом, равным 4, занимает ней-

THE GASES
OF
THE ATMOSPHERE

THE
HISTORY OF THEIR DISCOVERY

BY
SIR WILLIAM RAMSAY, K.C.B., F.R.S.
OFFICIER DE LA LEGION D'HONNEUR
PROFESSOR OF CHEMISTRY IN UNIVERSITY COLLEGE, LONDON

THIRD EDITION

WITH PORTRAITS

London
MACMILLAN AND CO., LIMITED
NEW YORK: THE MACMILLAN COMPANY
1905

All rights reserved

Титульный лист книги Рамзая «Газы атмосферы»

тральное место между водородом и литием. Аргон, с его атомным весом около 40, естественным образом занимает нейтральное положение между хлором и калием» [56, стр. 77—78].

Но если атомный вес аргона равен 40, то, следовательно, имеются два элемента с одинаковыми атомными весами, ибо атомный вес кальция тоже равен 40. Очевидно, для одного из них (естественно, аргона) нет места в периодической системе. Сам Рамзай предпочитал признать, что аргон — смесь двух элементов (с атомными весами 37 и 82), чем допустить несостоятельность периодического закона.

Ряд своих работ Рамзай специально посвятил точному определению атомного веса аргона. В 1896 г. он установил [57], что атомный вес аргона равен 39,8. Но эти данные выявили еще одно серьезное затруднение, связанное с последовательным расположением элементов в периодической системе по возрастанию их атомных весов. Оказалось, что атомный вес аргона выше, чем у калия (39,102). Причина этой аномалии долгое время оставалась неясной.

«Человеческий ум,— говорил Рамзай в 1897 г.,— никогда не может удовлетвориться простым констатированием подобного рода неправильности; он всегда будет стремиться понять, почему такая неправильность должна существовать. В связи с этим два следующих вопроса привлекают наше внимание. А именно: может ли какая-нибудь причина вызвать изменение в тех «пропорциональных числах», которые характеризуют количественные отношения между вступающими в соединение элементами и которые мы называем атомными весами элементов? Нет ли какого-нибудь основания для предположения, что мы можем вызвать подобные изменения? Действительно ли атомные веса — «постоянные природы», совершенно неизменяемые и раз навсегда нами определенные? Или же они постоянны только до тех пор, пока какие-нибудь условия, могущие вызвать их изменения, остаются неизменными?» [42, стр. 209].

Рамзай упомянул еще об одном любопытном предположении, высказанном П. Шютценберже и Круксом, которое заключалось в том, что «так называемый атомный вес элемента есть некоторого рода средняя величина, что, когда мы говорим об атомном весе кислоро-

да, равно 16, мы собственно утверждаем, что среднее арифметическое атомных весов различных атомов кислорода есть 16»³⁸ [42, стр. 205].

После открытия неона в 1898 г. Крукс писал: «Из данных, сообщенных проф. Рамзаем, кажется весьма вероятным, что неон имеет атомный вес около 22, что заставляет нас поместить его в схеме между фтором и натрием» [56, стр. 78].

19 декабря 1898 г. на заседании Берлинского химического общества Рамзай выступил с речью «О новооткрытых газах и об отношении их к периодическому закону» [58]. «Допустим,— говорил он,— что периодический закон вполне верен; это подтверждено огромным числом химических фактов. Если принять атомные веса гелия и аргона за 2 и 20 (т. е. признать, что эти газы, подобно всем другим, двуатомны), то не остается места для элемента со средним атомным весом, в самом деле, если не перевернуть вверх дном все наши теперешние представления... Если же принять атомные веса гелия и аргона равными 4 и 40, то, по моему мнению, было бы вполне вероятным, что существует элемент, атомный вес которого приблизительно на 16 единиц больше атом-

³⁸ Как было установлено впоследствии, за исключением гелия, все благородные газы имеют изотопы. Неон был первым нерадиоактивным элементом, для которого Дж. Дж. Томсон в 1913 г. установил существование изотопов с атомным весом 20 и 22.

В 1920 г. Ф. Астон исследовал изотопный состав аргона, криптона, ксенона. Он показал, что аргон состоит из двух изотопов с массовыми числами 40 и 36; криптон: 80, 82, 83, 84, 86; ксенон: 128, 130, 131, 133, 135 [59]. Что же касается высказанных Рамзаем не очень четких соображений о колебании атомных весов, то надо иметь в виду, что впервые мысль о том, что атомные веса могут не являются постоянными величинами, была высказана Д. И. Менделеевым в 1871 г. В начале 80-х годов эта идея была развита А. М. Бутлеровым и независимо от него несколько позднее П. Шютценберже, предположившим, что атомный вес может колебаться в узких пределах в зависимости от способа получения элемента (т. е. от того, какой энергией он обладает). С иных позиций подошли к вопросу о колебании атомных весов Кекуле и Крукс. Первый в 1865 г. сравнил атомы элементов с зёрнами различных злаков: зёрна пшеницы отличаются по весу от зёрен проса, но в то же время «атомные веса» зёрен этих злаков колеблются в определенных пределах. Крукс в 1886 г., стремясь примирить гипотезу Праута с противоречащими ей фактами, попытался объяснить дробные атомные веса элементов тем, что природные элементы являются смесью целочисленных изотопов,— естественно, что термин «изотопы» Крукс при этом не употреблял.

ного веса гелия и следовательно на 20 меньше атомного веса аргона. Его открытие подтвердило бы не только атомный вес — 40, но и правильность современных воззрений на зависимость между отношением теплоемкостей газов и их атомными весами.

Один взгляд на периодическую систему выяснит все дело. В подобном случае мы имеем такие ряды:

									He 4
Li 7	Be 9,2	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19		? 20	
Na 23	Mg 24,3	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	Ar 40»		
									[60, стр. 5].

Впоследствии по этому поводу Рамзай вспоминал: «По образцу нашего учителя Менделеева, я описал, поскольку возможно было, ожидаемые свойства и предполагаемые отношения газообразного элемента, который должен был бы заполнить пробел между гелием и аргонном. Я мог бы предсказать также еще два других элемента, но предполагал, что нужно быть очень осторожным при предсказаниях» [26, стр. 19—20].

Мы уже говорили, что для дальнейшего раскрытия содержания периодического закона и понимания принципов построения периодической системы большое значение имела проблема размещения новых элементов в таблице.

«Сопоставление атомных весов аргоновых элементов с атомным весом галоидов и щелочных металлов,— писал Менделеев,— словесно сообщил мне 19 марта 1900 года проф. Рамзай в Берлине, а потом напечатал об этом в «Philosophical Transactions». Для него это было весьма важно, как утверждение положения вновь открытых элементов среди других известных, а для меня, как новое блистательное утверждение общности периодического закона. С своей стороны я молчал, когда мне не раз выставляли аргоновые элементы как укор периодической системе, потому что я поджидал, что скоро обратное всем будет видимо» [53, стр. 492].

После некоторых сомнений и колебаний относительно природы аргона и его аналогов Менделеев признал, что новые элементы теперь «стали доступными газами», однако «чуждыми химических соединений»³⁹ [53, стр. 499].

³⁹ Представление о полной химической инертности благородных газов, как мы увидим далее, оказалось ошибочным.

В статье «Аргон и его спутники», опубликованной 13 декабря 1900 г. в «Nature», Рамзай и Траверс уже определенно заявляли, что инертные газы образуют в периодической системе группу между галогенами и щелочными металлами:

H	1	He	4	Li	7	Be	9
F	19	Ne	20	Na	23	Mg	24
Cl	35,5	Ar	40	K	39	Ca	40
Br	80	Kr	82	Rb	85	Cr	87
J	127	Xe	128	Cs	133	Ba	137

«Вследствие замеченной правильности изменения свойств недеятельных газов, подобной той, которая встречается у других элементов,— писали авторы,— мы надеялись, что простота частиц новых газов (т. е. их одноатомность.— Ю. С., Л. П.) бросит некоторый свет на загадочные недочеты периодической системы. Но надежда эта не осуществилась. Мы не могли с точностью предсказать свойства какого-либо из этих газов на основании известных свойств остальных; возможны были только приблизительные предположения. Загадка периодической законности еще ждет своего разрешения»⁴⁰ [43, стр. 4].

На основе анализа периодической системы Рамзай высказал предположение о возможности существования в атмосфере еще неизвестных инертных газов.

Рамзай долгое время занимал вопрос: как располагаются элементы более высокого атомного веса в таблице и существуют ли благородные газы более высокого атомного веса, чем ксенон? Рамзай, в частности, предполагал существование элемента с атомным весом 172, который мог бы, по его представлениям, занять в периодической системе место в VI группе, между ксеноном и радоном. В поисках этого элемента Рамзай фракционировал и исследовал остаток от 100 т (т. е.

⁴⁰ «Хотя мы близки к пониманию истинного значения основного закона, управляющего точностью периодической системы, но, как мне кажется, час еще не настал»,— говорил Рамзай (1908 г.) [61, стр. 55]. Этот час пробил: в 1913 г. работами Э. Резерфорда, Г. Мозли, Ф. Содди, К. Фаянса был подведен физический фундамент под периодический закон.

77,4 млн. л) жидкого воздуха, но пришел к отрицательным результатам ⁴¹.

В 1902 г. Менделеев, как бы подводя итог исследованиям природы инертных газов, писал: «Если аналоги аргона вовсе не знают соединений, то очевидно, что их нельзя включить ни в одну из групп ранее известных элементов, и для них должно открыть особую группу — нулевую, чем уже сразу выразится индифферентность этих элементов» [53, стр. 491].

В 1903 г. вышло в свет 7-е издание «Основ химии» Менделеева, где была помещена периодическая система, включающая нулевую группу инертных газов, после чего она приобрела еще более стройный и законченный вид ⁴². «Испытание было критическим,— писал Менделеев,— как для периодической системы, так и для аналогов аргона. Оба новичка с блеском выдержали это испытание, т. е. атомные веса (по плотности), из опыта найденные для гелия и его аналогов, оказались прекрасно отвечающими периодической законности» [53, стр. 490].

В настоящее время благородные газы на правах главной подгруппы помещаются в VIII группе периодической системы, т. е. так, как в свое время предлагал Рамзай [62].

Химия благородных газов

Все многочисленные попытки самого Рамзая и его учеников, а также М. Бертло и А. Муассана получить соединения благородных газов с другими элементами оказались безуспешными.

Первые же опыты с аргоном, поставленные Рамзаем, показали, что аргон не вступает в реакции с кислородом и водородом, фосфором, теллуром, натрием и це-

⁴¹ Ничего нового, кроме пяти инертных газов, не обнаружил и Ф. Астон, исследовав тончайшими методами остаток от 439 г жидкого воздуха (1923 г.).

⁴² В 1915 г. Е. В. Бирон, сопоставив физические свойства благородных газов, отметил существование вторичной периодичности у элементов нулевой группы. Вторичную периодичность для этих элементов Бирон объяснял проявлением слабых контравалентностей, от которых, по его мнению, и «должны зависеть физические свойства простых веществ». Любопытно, что Бирон еще в то время высказал предположение о «слабых, но все же каких-то остаточных валентностях» у элементов нулевой группы.

Периодическая система элементов, по группам и рядам.

Ряды.	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:											
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	—	Водо- родъ. H 1,008	—	—	—	—	—	—	—			
2	Галій. He 4,0	Литій. Li 7,03	Берил- лий. Be 9,1	Беръ. B 11,0	Углеродъ. C 12,0	Азотъ. N 14,04	Кисло- родъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0	—			
3	Неонъ. Ne 19,9	Натрій. Na 23,05	Маг- ний. Mg 24,3	Алю- миній. Al 27,0	Крем- ній. Si 28,4	Фос- форъ. P 31,0	Сѣра. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45	—			
4	Ар- гонъ. Ar 38	Каль- цій. Ca 39,1	Каль- цій. Ca 40,1	Скан- дій. Sc 44,1	Титанъ. Ti 48,1	Вана- дій. V 51,4	Хромъ. Cr 52,1	Мар- ганецъ. Mn 55,0	Же- лѣзо. Fe 55,9	Ко- бальтъ. Co 59	Ник- кель. Ni 58	(Cu)
5	—	Мѣдь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Гал- лій. Ga 70,0	Гер- маний. Ge 72,3	Мышь- ья. As 75	Селенъ. Se 79	Бромъ. Br 79,95	—			
6	Крип- тотъ. Kr 81,8	Рубидій. Rb 85,4	Строн- цій. Sr 87,6	Ит- трий. Y 89,0	Цир- коній. Zr 90,6	Ник- бій. Nb 94,0	Молиб- денъ. Mo 96,0	—	Рутеній. Ru 101,7	Роди- умъ. Rh 103,6	Пал- ладій. Pd 106,5	(Ag)
7	—	Сере- бро. Ag 107,9	Кад- мій. Cd 112,4	Индій. In 114,0	Оло- во. Sn 119,0	Сурь- ма. Sb 120,0	Тел- луръ. Te 127	Йодъ. J 127	—			
8	Ксе- нонъ. Xe 128	Цезій. Cs 132,9	Барій. Ba 137,4	Лан- танъ. La 139	Церій. Ce 140	—	—	—	—			
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	—	—	—	Иттер- бій. Yb 173	—	Тан- талъ. Ta 183	Вольф- рамъ. W 184	—	Ос- мій. Os 191	Ири- дій. Ir 193	Плати- на. Pt 194,5	(Au)
11	—	Золото. Au 197,2	Ртуть. Hg 200,0	Талій. Tl 204,1	Свин- ецъ. Pb 206,9	Вис- мутъ. Bi 208	—	—	—			
12	—	—	Радій. Ra 224	—	Торій. Th 232	—	Уранъ. U 239	—	—			

Высшіе солеобразные окислы:

R	R ² O	RO	R ² O ³	RO ²	R ² O ⁵	RO ³	R ² O ⁷	RO ⁴
---	------------------	----	-------------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------

Высшія газообразныя водородныя соединенія:

RH ⁴	RH ³	RH ²	RH
-----------------	-----------------	-----------------	----

*Периодическая система из книги Д. И. Менделѣева «Основы химіи»
(7-е изд., 1903 г.)*

лым рядом других реакционноспособных элементов. Действие на аргон сильных окислительных сред, таких как расплавленный нитрат калия и перекись натрия, результата не дало. Безуспешно закончилась также и попытка осуществить взаимодействие аргона с персульфидами натрия и калия. Муассан подверг смесь аргона с фтором действию электрического разряда, однако каких-либо признаков образования химической связи обнаружено не было. Берто поставил эксперимент, действуя электрическим разрядом на смесь аргона с бензином, а Рамзай — аналогичный опыт со смесью аргона с парами четыреххлористого углерода.

Несколько позже изучалась возможность синтеза углеродных соединений аргона в электрической дуге. Все эти опыты оказались безуспешными.

С развитием учения об электронном строении оболочек атомов выяснились причины химической инертности благородных газов: внешняя электронная оболочка их атомов имеет законченную структуру электронного октета, что затрудняет образование химических соединений с ионной и ковалентной связями [63, 64].

Теория электронных октетов, однако, не исключала возможности образования с благородными газами химических соединений на основе молекулярной связи. Анализ электронных структур благородных газов

He	2					
Ne	2	8				
Ar	2	8	8			
Kr	2	8	18	8		
Xe	2	8	18	18	8	
Rn	2	8	18	32	18	8

показывает, что максимальное число электронов в квантовой группе n равно $2n^2$, следовательно 3—6 и выше оболочки у Ar, Kr, Xe и Rn способны к заполнению.

В молекуле аммиака, например, атом азота окружен четырьмя парами электронов (октет). При этом одна пара является свободной и может участвовать в образовании донорно-акцепторных связей, например с BF_3 . В этом случае вокруг атомов азота и бора образуется общий электронный октет. Аргон и ксенон располагают четырьмя «свободными» парами электронов. Поэтому не

случайно, что многими исследователями предпринимались неоднократные попытки заставить эти элементы вступить в реакцию с BF_3 .

В 30-е и последующие годы было установлено, что основность инертных газов от He до Xe возрастает. Комбинированный эффект возрастания поляризуемости и основности обеспечивает возможность атомам криптона, ксенона и радона выступать в качестве доноров электронов по отношению к атомам с высоким сродством к электрону [65].

В 1933 г. на основе изучения ионных радиусов Л. Полинг предсказал возможность образования таких химических соединений инертных газов, как XeF_6 , KrF_6 и нестойкого XeF_8 [66].

Не исключалась также возможность получения молекулярных соединений благородных газов с водой, сероводородом, фенолом, толуолом, ацетоном, хлористым и бромистым водородом за счет координативной связи.

Отметим, что еще в 1895 г. французский ученый П. Виллар получил впервые соединение аргона с водой — диссоциирующий кристаллический гидрат (при 0°C и под давлением 150 атм) [67]). Затем К. Форкранд обнаружил образование кристаллических гидратов в смеси благородных газов с водой при охлаждении под давлением.

В 1936 г. советский химик Б. А. Никитин [68] наметил «широкий путь к созданию химии инертных газов», основанный на координативной связи. В том же году Поуэлл, Гутер и Р. Брэдли в Англии получили соединения аргона с хинолом и трифторидом бора [69].

Эти соединения являются так называемыми «соединениями включения», т. е. образуются за счет сил Ван-дер-Ваальса; при этом электронные валентные переходы не осуществляются.

Совершенно новая страница в изучении благородных газов открылась в 1962 г., когда Н. Бартлет [70] в Канаде получил первые действительно химические соединения ксенона с гексафторидом платины состава XePtF_6 ⁴³. Затем Г. Клаассен, Д. Мальм и Г. Селиг в США синтезировали тетрафторид ксенона XeF_4 [71]. Тогда же был

⁴³ Последующими работами было показано, что стехиометрические соотношения в гексафтороплатине сложны; возможно, образуются соединения типа $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_x$, где $1 < x < 2$.

получен дифторид ксенона XeF_2 (Д. Уикс с сотрудниками [72]).

В 1963 г. А. Гроссе с сотрудниками [73] синтезировал тетрафторид криптона KrF_4 .

Термохимические исследования показали, что фториды ксенона ⁴⁴ термодинамически весьма устойчивы. Энергия химической связи в этих соединениях находится в пределах значений энергии связи обычных химических соединений.

Из всех известных соединений ксенона, пожалуй, наиболее интересным является гексафторид, который при комнатной температуре представляет собой белый твердый порошок, который при нагревании до 42°C неожиданно становится желтым и при 46°C плавится, превращаясь в желтую жидкость. Внезапное изменение окраски порошка привлекло внимание теоретиков, которые предположили, что в процессе нагревания происходит постепенная трансформация кристаллов, перестройка их конфигурации, заканчивающаяся при температуре 42°C . Однако удовлетворительного объяснения этому явлению пока не найдено.

Удивительной особенностью гексафторида ксенона является его способность к образованию так называемых «ионизирующих растворов». Раствор гексафторида может действовать одновременно как основание, растворяя, в частности, щелочные фториды металлов, и как кислота, являясь хорошим растворителем пентафторида сурьмы.

На стр. 151 приводится «генеалогическое дерево» соединений на основе ксенона.

Профессор Л. К. Аллен в 1963 г. писал: «Открытие молекул благородных газов представляет собой теоретический вызов для химии с трех точек зрения.

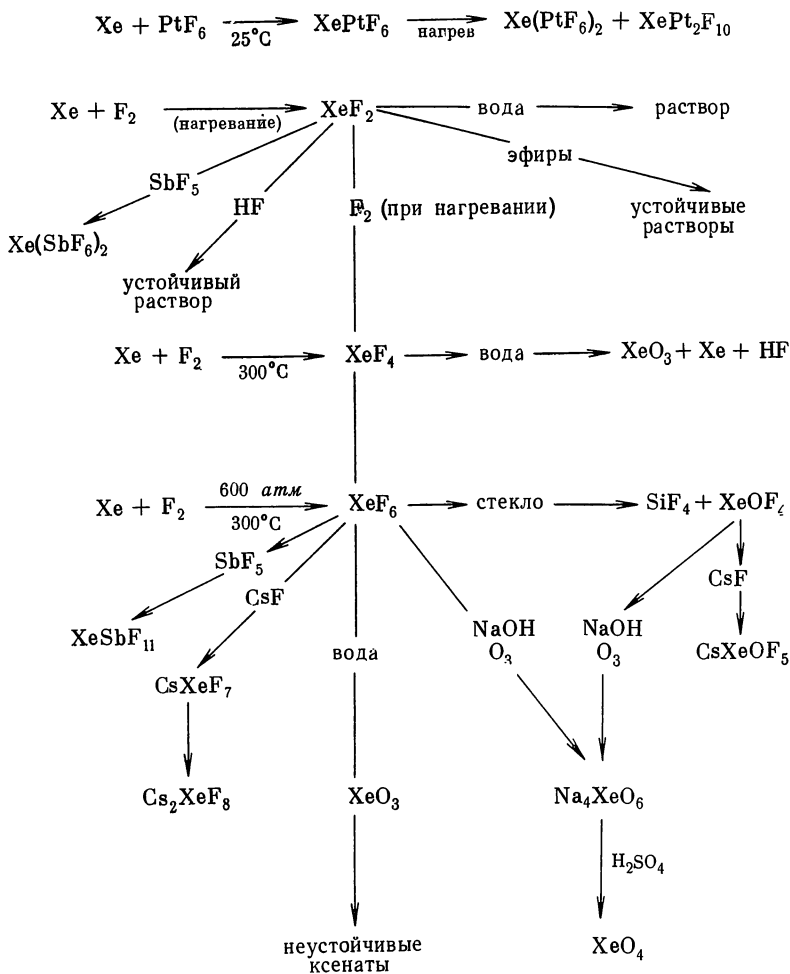
Во-первых, необходимо понять и объяснить, почему вообще должны образоваться соединения инертных газов...

Во-вторых, необходимо объяснить и осмыслить структурные... и другие свойства открытых соединений...

В-третьих, необходимо количественно сформулировать основные теоретические предсказания свойств молекул благородных газов прежде, чем они будут найдены

⁴ XeF_2 , XeF_4 и XeF_6 — бесцветные кристаллы.

Реакции соединений ксенона



экспериментально. В истории химии, в противоположность истории физики, имелось относительно немногo случаев, когда теория могла играть столь же важную роль в развитии новых разделов химии, как и эксперимент. Недавнее возникновение и быстрое развитие химии благородных газов и необычайное соотношение между их положением в периодической таблице и молекулярной структурой этих соединений представляет, таким образом, уникальный благоприятный случай для теории» [74, стр. 412—413].

К настоящему времени синтезировано и изучено уже многочисленное семейство различных соединений ксенона, криптона и радона. Получены фториды, оксиды, фтор-оксиды ксенона и криптона, различные соли криптоновых и ксеноновых кислот. Современные физико-химические методы исследования позволили тщательно изучить состав и физико-химические свойства этих соединений, выявить тип и природу химической связи. Оказалось, что у большинства этих соединений проявляется преимущественно ковалентная связь, возникающая при возбуждении внешних парных электронов, которые переходят в одиночные и осуществляют тем самым ковалентную связь. Для ксенона, например, получено несколько фторидов, в которых он проявляет валентность +2, +4, +6. Выяснилось, что наряду с классическим октетом, большая роль принадлежит устойчивой оболочке из 12 электронов.

Таким образом, термин «инертный» стал сугубо относительным. Он в основном сейчас выражает лишь то, что элементы нулевой группы менее активны, чем все другие химические элементы.

Ниже приведены химические соединения благородных газов ⁴⁵.

Криптон	Ксенон	Радон
KrF ₂	XeF ₂	Фториды
Kr (SbF ₆) ₂	XeF ₄	
	XeF ₆	
	XeOF ₄	
	XeO ₃	
	XeO ₄	
	XePtF ₆	
	Xe (SbF ₆) ₂	
	XeSbF ₁₁	
	CsXeF ₇	
	NaXeO ₆	

⁴⁵ Необходимо признать, что все попытки получения истинных химических соединений аргона, неона и гелия пока закончились неудачей. Р. Д. Пикок указывает, что эти элементы в химическом смысле могут быть, по-видимому, названы «истинными инертными газами».

Интересно отметить, что в соответствии с представлениями Рамзая, единственными элементами, с которыми удалось осуществить взаимодействие, являются кислород и фтор. Весьма любопытно также, что благородные газы, по-видимому, остаются последними стабильными элементами, химия которых еще практически не изучена и при условии отработки соответствующей экспериментальной методики должна быть начата буквально с азота.

Современная молекулярно-орбитальная теория связи позволяет предсказать возможность существования тех или иных химических соединений благородных газов и, следовательно, в какой-то мере подсказывает возможные направления дальнейших их исследований.

Ниже показана устойчивость некоторых соединений благородных газов (на основе молекулярно-орбитальной теории валентности):

Устойчивые соединения	Относительно устойчивые соединения	Неустойчивые соединения
Оксиды радона Фториды радона	Хлориды радона	Хлориды ксенона
Оксиды ксенона Фториды ксенона	Дифторид криптона	

Таким образом, наиболее устойчивыми должны быть оксиды и фториды радона и ксенона и относительно устойчивыми — хлориды радона и дифторид криптона (причем последний является единственно возможным с теоретической точки зрения фторидом).

Практическое применение благородных газов и их соединений

11 декабря 1898 г. на собрании общества немецких химиков во Фрейбергской горной академии Клеменс Винклер произнес речь «Распространенность элементов и их техническое значение».

«Новейшее время, — говорил он, — принесло нам открытие еще целого ряда новых элементов — гелия, ар-

гона, неона, ксенона, криптона... Всех их можно считать в известном смысле редкими элементами, по крайней мере, до тех пор, пока они, как в настоящее время, представляют собой лишь очень незначительные по их относительному содержанию составные части воздуха, воды немногих источников и некоторых минералов. На самом деле одна атмосфера содержит их громадное количество, но в техническом отношении, вследствие их полной химической инертности, отсутствия у них склонности вступать в соединения с другими элементами, они для нас совершенно безразличны и неинтересны. И все-таки и здесь следует оговориться: с ними может произойти то же, что и с атмосферным азотом, считавшимся вполне индифферентным, но которого разбудили теперь для химической жизни. И здесь, как было с другими элементами, нам неизвестно, что скрыто за непроницаемой завесой будущего; мы пока не можем и загадывать о том, какое техническое применение с течением времени найдется для этих детей химии, еще дремлющих в своей колыбели» [75, стр. 97].

Что же стало с этими «детьми химии», когда они «подросли»? Как сложилась их судьба и какую роль они играют теперь в науке и технике?

Во время первой мировой войны большой интерес был проявлен к гелию как к легкому и невоспламеняющемуся газу [76]. После гибели многих дирижаблей, наполненных водородом, в Германии их стали наполнять гелием, полученным из монацитового песка. В 1915 г. в Англии также было предложено наполнять дирижабли гелием. Этим предложением заинтересовались, и прежде всего обратились для его обсуждения к Рамзаю как авторитетному специалисту. Рамзай не отверг эту идею и некоторое время занимался изысканием гелиеносных газов. Но ему не пришлось быть участником и свидетелем последующего бурного развития гелиевой промышленности.

В 1918 г. в США были построены первые заводы для получения гелия из природных газов⁴⁶. В 1921 г. на од-

⁴⁶ В 1903 г. одна нефтяная компания, производившая поиски нефти в штате Канзас (США), на глубине около 100 м натолкнулась на газоносный пласт, давший фонтан газа. К великому удивлению, этот газ не горел. Анализ проб газа показал, что он содержит зна-

ном из таких заводов добывали уже 900 м³ гелия в сутки. К 1937 г. только один завод, построенный на базе Клифсайдского месторождения природного газа (Техас), дал около 2 213 000 м³ 98%-ного гелия при средней стоимости 0,412 доллара за 1 м³ [78, 79].

Значительное применение гелий нашел как заменитель азота при создании искусственного воздуха. Смесь 20 % кислорода и 80 % гелия по своим химическим свойствам мало отличается от атмосферного воздуха. Но физическое действие этой смеси иное, чем смеси кислорода и азота, что обусловлено меньшим поглощением гелия плазмой крови по сравнению с азотом. Смесь кислорода с гелием снижает время при выходе водолаза из зоны повышенного давления и смягчает кессонную болезнь.

Применение гелиево-кислородной смеси позволило увеличить глубину погружения водолаза (до 120 м вместо 40 м — в случае воздуха).

Гелиево-кислородная смесь применяется также в медицине (при болезнях сердца, приступах астмы, удушья). Наиболее широкое применение аргон и гелий нашли в металлургической промышленности. Так, например, в США, по данным Г. Кука [80], в 1959 г. 65 % добываемого аргона использовалось в качестве защитного газа при дуговой сварке и резке металлов, 30 % — в качестве компонента инертных сред и около 2 % — для наполнения электрических флуоресцентных ламп. По тем же данным, в 1959—1960 гг. практическое использование гелия таково: 21 % — ракетная техника, 19 % — атомная энергия, 18 % — дуговая сварка, 14 % — метеорология, 9 % исследования по аэронавтике, 5 % — дирижабли и воздушные шары и 14 % — разное.

Использование гелия и аргона в дуговой сварке было впервые предложено в 1920 г. Г. Хобиртом и П. Деверсом для защиты вольфрамовых электродов от окисления при высоких температурах электрической дуги.

В настоящее время гелий и аргон применяются для сварки практически всех известных промышленных ме-

чительное количество гелия. После этого американские химики Кэди и Макфарланд обследовали многие природные газы и установили в некоторых из них присутствие гелия [77].

таллов и сплавов, включая углеродные и нержавеющие стали, алюминий, медь, никель, тантал и титан. Эти же газы широко применяются как инертные среды, необходимые при промышленной обработке ряда высокореактивных материалов. В среде гелия и аргона в настоящее время обрабатываются такие металлы, как ниобий, гафний, молибден, тантал, титан, цирконий, иттрий. Производство графитовых стержней и топливных элементов ядерных реакторов на основе урана и тория также осуществляется в инертных средах.

Необходимо упомянуть и о возрастающем применении гелия и аргона в электронной промышленности; создание инертных сред для производства транзисторов.

В металлургии гелий и аргон применяются для создания защитных оболочек, предохраняющих поверхности металлов и их сплавов от воздействия кислорода воздуха и других химически активных сред. Использование инертной среды позволяет далее осуществить плавное регулирование скоростей химических реакций. И, наконец, с помощью инертных газов можно удалять другие газы, растворенные в расплавленном металле.

Гелий используется так же, как рафинирующее средство при плавке и литье цветных металлов (например, алюминия и его сплавов). В гелиевой среде при электросварке лучше происходит наплавление металла.

Исключительно важной оказалась роль гелия при получении низких температур. При испарении жидкого гелия получают температуру лишь на $1-2^\circ$ выше абсолютного нуля. Применение газовых гелий-термометров расширило область исследования низких температур. Так, например, в 1901 г. Дьюар точно установил при помощи такого термометра критическую температуру водорода.

В 1913 г. на 5-й Конференции по вопросам мер и весов было решено выражать термодинамическую шкалу в шкале гелиевого термометра.

Широкое применение нашел жидкий гелий в научных исследованиях (например, для изучения электропроводности металлов при низких температурах). При температурах жидкого гелия была открыта сверхпроводимость некоторых металлов, например ртуть в этих условиях обладает электропроводностью в 10 млн. раз

большей, чем при обычной температуре⁴⁷. Возможность проведения опытов при низких температурах позволила биологам провести интересные эксперименты, связанные с изучением вопроса о сохранении жизни спор и бактерий при температурах, близких к абсолютному нулю.

Чрезвычайно любопытно, что в сравнительно недавнее время выявилась возможность использования гелия и аргона в совершенно противоположном, сверхвысоком диапазоне температур, а именно при разработке высокотемпературного сварочного аппарата, основанного на плазменно-реактивном принципе. В этом приборе электрическая дуга образуется в потоке гелиево-аргоновой смеси, движущемся с реактивной скоростью.

Плазменно-дуговая сварка применяется в процессе покрытия металлов, резки нержавеющей стали и цветных металлов. Разрабатываются также и другие области применения этого метода.

Гелий, неон и аргон служат наполнителями различных ламп. В настоящее время выпускаются лампы накаливания с аргоновым наполнением, а также аргонотутные лампы газоразрядного типа. Химическая инертность и большая электропроводность делают эти газы незаменимыми во многих отраслях электротехники.

Безэлектродные индукционные лампы, наполненные неоном, аргоном или гелием и некоторыми примесями для придания свечению требуемого оттенка, имеют весьма высокие световые показатели. Эти лампы применяются для освещения аэродромов, залов киностудий, в светильниках маяков и т. п.

Неоном наполняются лампы и устройства различного назначения: неоновая дуговая лампа, светящиеся трубки, безэлектродные индукционные лампы, лампы тлеющего разряда, фотоэлементы, выпрямители и др.

Оранжево-красный, голубовато-зеленый, голубой и фиолетовый свет неоновых, аргоновых и криптоновых ламп заливает по вечерам улицы и площади больших городов всего мира. Неоновые и особенно криптоновые лампы при том же потреблении тока дают на 40% боль-

⁴⁷ Большая монография В. Кеезома «Гелий», изданная в 1942 г., дает представление о многочисленных физико-химических исследованиях, связанных с изучением природы гелия в его различных состояниях. В 1949 г. появился русский перевод этой книги [23].

ше света, чем обыкновенные лампы с металлическими нитями.

Одна из важнейших областей применения благородных газов — приборостроение. В частности, неон используется в качестве наполнителя электронных регуляторов напряжения (лампы с холодным катодом), аргон применяется в электронных выпрямителях и ксенон — в тиратронах и других переключающих устройствах. Можно было бы назвать большое число и других электронных устройств, в которых используются благородные газы.

В последнее время заметно возросло значение благородных газов в физико-химических методах анализа. Гелий и аргон нашли применение в газовой хроматографии, аргон — в эмиссионной спектроскопии и криптон — в одном из методов измерения поверхностей минералов (метод адсорбции газа). Весьма интересен метод определения плотности твердых веществ с использованием гелия.

Ценное применение нашли радиоактивные изотопы благородных газов. В частности, радон в течение продолжительного времени использовался в терапии рака, а также как источник гамма-радиации в радиографии. Впоследствии радон был заменен на ксенон-135, который имеет более длительный период полураспада. Изотоп криптона-85 применяется в качестве компонента газовых смесей, используемых для наполнения переключающих и счетных устройств и регуляторов напряжения.

В качестве международного стандарта длины предложено использовать одну из линий спектра изотопа криптона-86. Предполагается, что в случае принятия этого стандарта точность определения длины метра увеличится от 10 до 100 раз.

Наконец, следует указать на возможность использования изотопов инертных газов в качестве индикаторов при исследовании различного рода физико-химических процессов.

Таким образом, научное и техническое применение благородных газов необычайно интересно и разнообразно. Современный научно-технический прогресс уже немислим без их широкого использования в различных отраслях промышленности. Чем больше будет, например, потребность в получении сверхчистых веществ, чем

шире будет развиваться приборостроение, тем все шире и разнообразнее будут применяться эти газы.

В наши дни соединения благородных газов находят различное практическое применение в атомной и химической промышленности. Высокая устойчивость фторидов благородных газов позволяет сохранять, например, радон и фтор, ксенон и фтор в связанном состоянии (XeF_4), применять их в качестве окислителей, фторирующих агентов и т. п.

Известно, что изотоп ксенона-135 обладает самым высоким поперечным сечением захвата тепловых нейтронов, что позволяет применять его в атомных реакторах. Ввиду значительных технических трудностей использования этого изотопа в виде газа представляют определенный интерес предложения о его возможном применении в связанном состоянии, в частности в виде химического соединения $^{135}\text{XeF}_4$. Подсчитано, что концентрация атомов ксенона в этом соединении эквивалентна содержанию ксенона в газовом состоянии при давлении 500 атм. Для окончательной оценки возможностей использования фторида ксенона в качестве замедлителя потребуется дополнительное изучение его стабильности по отношению к радиации.

Одним из наиболее интересных практических применений фторидов ксенона и криптона является возможность связывания радиоактивных изотопов ксенона и криптона, выделяющихся в процессе переработки отработанного ядерного топлива.

Работы, проведенные в Аргонской национальной лаборатории (США), показали, что при взаимодействии фторида ксенона в безводном фтористом водороде с бензолом образуется темный каучукообразный полимер неизвестной структуры. Не исключено, что фторид ксенона оказывает каталитическое действие на процесс полимеризации бензола, однако каких-либо экспериментальных данных, подтверждающих это предположение, пока не имеется. Наконец, следует упомянуть о принципиальной возможности использования окислов ксенона в качестве взрывчатых веществ, ксенатов и перксенатов — в качестве исключительно сильных окислителей.

Интересно, что «путевку» в жизнь благородные газы получили через 15—20 лет после их открытия, а для соединений благородных газов потребовалось всего лишь

несколько месяцев для того, чтобы различные отрасли промышленности «протянули руки» для знакомства с интересными незнакомцами.

При всем своем расположении к научной фантазии Рамзай пришел бы сейчас в великое изумление, узнав как удачно и красиво «работают» его «химические дети» в науке и промышленности. По-видимому, мы, в свою очередь, также бы сильно удивились, если бы в 2094 г., т. е. через двести лет после открытия аргона, узнали бы, в какие непредвиденные новые области науки и техники внедрены элементы аргоновой группы и их соединения.

Работы по исследованию радиоактивности

Надо ли говорить, какую сенсацию и пристальное внимание вызвало открытие 1 марта 1896 г. французским ученым А. Беккерелем способности урановых соединений непрерывно испускать особые невидимые лучи без всякой затраты внешней энергии [1]. Среди первых, кто проявил высокий интерес к открытию Беккереля, был Рамзай. В 1896 г. он вместе с лордом Кельвином и Г. Стоксом посетил в Париже лабораторию Беккереля. Французский ученый показал им свои опыты с лучами, испускаемыми соединениями урана. «Я прекрасно припоминаю,— писал впоследствии Рамзай,— интенсивный интерес, обнаруженный лордом Кельвином, и ту живость, с которой Беккерель отвечал на своем быстрейшем французском языке. Больше всего удивляло лорда Кельвина и возбуждало большое любопытство у всех нас то обстоятельство, что излучение продолжалось долго» [2, стр. 32]. Ученые недоумевали, откуда мог взяться неисчерпаемый запас энергии в солях урана.

В 1898 г. Мария и Пьер Кюри открыли новые радиоактивные элементы — полоний и радий. Тогда же М. Кюри предложила термин «радиоактивность».

В 1900 г. Эрнест Резерфорд, работавший тогда в Монреале, показал, что соединения тория «излучают в окружающую атмосферу какое-то вещество, которое по своей природе и поведению напоминает радиоактивный газ», названный им «эманацией»¹. В 1902—

¹ Слово «эманация» было впервые предложено Р. Бойлем («существенные эманации из небесных тел») и использовано Резерфордом для обозначения газообразных веществ, выделяющихся другими телами.

1903 гг. Э. Резерфорд совместно с Ф. Содди² создали теорию радиоактивного распада, согласно которой атомы радиоактивных элементов претерпевают самопроизвольный распад, сопровождающийся испусканием α - или β -частиц и образованием нового элемента [3].

Резерфорд и Содди пришли к выводу, что в процессе радиоактивного распада тория образуются небольшие количества эманации тория ThX, обладающей более высокой активностью и свойствами, характерными для газов группы аргона. Исходя из того факта, что в минералах радий, как правило, встречается вместе с ураном и торием и что руды этих металлов — смоляная обманка и торит — содержат также и гелий, исследователи задались естественным вопросом о том, не связано ли присутствие гелия в этих минералах с радиоактивностью урана и тория?

В конце 1902 г. Резерфорд и Содди поставили ряд экспериментов по изучению эманации радия³, выяснив, что по своим свойствам она напоминает эманацию тория, отличаясь от нее главным образом большей устойчивостью. Если активность эманации тория уменьшается наполовину в течение одной минуты, то для аналогичного распада эманации радия требуется не менее четырех дней. Большая стабильность эманации радия, является чрезвычайно привлекательным свойством, обеспечивая возможность постановки разнообразных опытов по изучению ее свойств. Исследуя химическую природу эманации тория и радия, ученые пришли к заключению, что эти эманации представляют собой новые непостоянные газы, которые ведут себя по отношению к химическим реагентам совершенно так же, как газы аргонной группы⁴. К такому заключению они пришли потому, что эманации тория и радия не изменялись при пропускании их через раскаленную докрасна платино-

² Фредерик Содди (1877—1956 гг.) — один из выдающихся химиков и физиков первой половины XX в. Профессор в Глазго и Оксфорде. Наука обязана ему понятием изотопии и законом сдвига для радиоактивных элементов. В 1921 г. Содди был удостоен Нобелевской премии. Известен как автор «Химии радиоэлементов» (1913 г.) и «Истории атомной энергии» (1949 г.).

³ Эманация радия была открыта в 1900 г. Е. Дорном в Германии.

⁴ Все попытки получения химических соединений эманации, по словам Г. Хевеши, «потерпели фиаско».

вую или палладиевую чернь, через хромистый свинец, цинковую пыль или порошок магниевых солей.

«Я несколько горжусь,— писал впоследствии Резерфорд,— тем обстоятельством, что Содди и мне удалось доказать принадлежность эманации радия к группе недействительных газов, хотя количество эманации, имевшееся в нашем распоряжении при этих опытах, было менее 10^{-11} см³. Доказательство оказалось возможным благодаря высокой чувствительности радиоактивных методов в применении к количественному анализу» [4, стр. 102].

Весной 1903 г. из Монреаля от Резерфорда к Рамзаю приехал молодой ученый Содди, хорошо разбиравшийся в вопросах радиоактивности. «Содди оставил Монреаль ради работы с сэром Вильямом Рамзаем над химическими проблемами»,— писал Резерфорд [5, стр. 23].

Содди с чрезвычайным интересом следил за работами Рамзая по инертным газам. В своих воспоминаниях, опубликованных в 1947 г., Содди отмечал, что значение блестящих открытий Рамзая со всей очевидностью стало ясным только к концу первого десятилетия настоящего века, и особенно после работ Резерфорда, показавшего, что продукты радиоактивных изменений являются химически инертными веществами, подобно газам аргоновой группы.

Предоставим, однако, слово самому Содди: «Тогда же было высказано предположение о возможной взаимосвязи между гелием и радиоактивностью. При этом считалось, что гелий является стабильным продуктом радиоактивного распада, что как будто бы подтверждалось работами Резерфорда по отклонению α -частиц в магнитном поле.

Исследования, проводившиеся в лаборатории Рамзая, привели к разработке специальных методов экспериментирования с весьма небольшими количествами газов, и эта техника привлекла внимание Резерфорда и его сотрудников, работавших в университете Мак-Гилла. Резерфорд хорошо понимал, что только лаборатория Рамзая могла обеспечить необходимую взаимосвязь между химическими исследованиями и исследованиями в области радиоактивности. Именно здесь можно было окончательно выяснить природу эманации и связь гелия с радиоактивными изменениями» [6, стр. 211].

В начале лета 1903 г. Резерфорд сам переступил порог лаборатории Рамзая. Купив 30 мг бромида радия, он решил в лаборатории Рамзая проверить свою догадку: не появляется ли гелий в радиоактивных минералах в результате распада радия.

Но Резерфорд в Лондоне был недолго и сам не мог продолжить эти наблюдения. Он оставил Рамзаю и Содди 30 мг бромида радия. «Я одолжил им мой радий для подтверждения важного открытия»,— писал потом Резерфорд [5, стр. 25]. Содди приобрел дополнительно 20 мг чистого бромида радия в одном из магазинов в Лондоне. Таким образом, Рамзай и Содди располагали двумя порциями бромида радия⁵.

Целью первых экспериментов было изучение газов, выделяющихся при растворении бромида радия в воде. Предполагалось, что при этом должны выделяться газообразные продукты радиоактивного распада, удерживавшиеся твердым бромидом радия.

Рамзай и Содди продолжили также опыты по выяснению химической природы эманации радия. Через смесь эманации радия с кислородом в течение продолжительного времени пропускалась электрическая искра; затем эта смесь в течение многих часов контактировалась с раскаленным порошком магнезии, смешанной с известью. Но и после такой обработки было обнаружено, что эманация осталась неизменной.

После всех проведенных опытов Рамзай, имевший огромный опыт по изучению инертных газов, мог авторитетно подтвердить вывод Резерфорда и Содди о том, что эманация радия — это инертный газ.

Открытие превращения эманации радия в гелий

В июле 1903 г. Рамзай и Содди поставили два основных опыта с бромидом радия. В первом из них 20 мг бромида радия (партия, купленная Содди) помещались в небольшую стеклянную колбу (диаметром 2,5 см), со-

⁵ Небезынтересно отметить, что кроме них чистыми соединениями радия в то время располагали только супруги Кюри, работавшие в Париже.

единенную небольшой капиллярной трубкой с другой, приблизительно такой же по объему колбой, снабженной двумя кранами. Сначала из первого шара, в котором находился сухой бромид радия, выкачивался воздух, кран, соединявший оба шара, закрывался. Затем во второй шар вводилось немного воды, после чего и из него выкачивался весь воздух. Затем открывался второй кран, и вода стекала в первый шар, растворяя бромид радия. В процессе растворения выделялся газ, который и скапливался в колбах. Через какое-то время, необходимое для полного растворения бромида радия, выделившийся газ откачивался воздушным ртутным насосом в небольшую пробирку и затем пропусклся через раскаленную медную спираль. Образующаяся при этом вода⁶ поглощалась пятиокисью фосфора, а остаток газа переводился в трубку Плюкера.

При прохождении через эту трубку электрического разряда вначале был виден только спектр углекислого газа. Однако, когда вслед за этим была использована более сильная индукционная катушка и полученный спектр сравнили со спектром чистого углекислого газа, то исследователи увидели четко выраженные желтые и голубые линии. При сравнении их со спектром чистого гелия не оставалось никакого сомнения, что желтая линия принадлежит спектру гелия. В конце опыта эманация и углекислый газ вымораживались в U-образном сосуде. В результате яркость желтых линий гелия резко увеличилась [7].

В 1916 г. Содди писал: «Сэр Вильям дал с помощью спектроскопа первое визуальное доказательство происхождения гелия из радия, что было предсказано теорией атомного распада. Вряд ли кто может отрицать, что судьба, которая так часто немилостива, на этот раз сделала удачный выбор не только потому, что открывателем гелия оказался Рамзай, но также и потому, что именно в его лаборатории был разработан один из наиболее тонких методов манипулирования с газами» [8]. Содди вспоминал: «...Я был абсолютно поглощен

⁶ Гизелем было показано, что при растворении бромида радия образуется так называемый электролитический газ, состоящий из смеси водорода и кислорода.

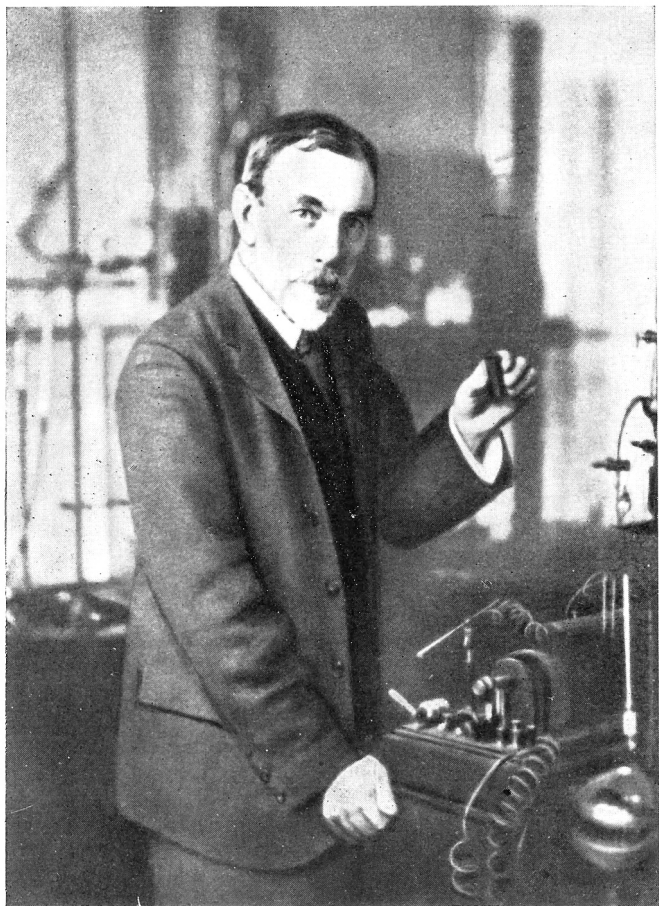
сложнейшими манипуляциями с газом. После моего знака, что можно начинать, сэр Вильям включил индукционную катушку, посмотрел через свой карманный спектроскоп на спектральную пробирку и с волнением в голосе воскликнул: «Это D₃!»! Комната постепенно стала заполняться научными сотрудниками и студентами, сгоравшими от нетерпения узнать о важной новости. Сначала появились Колли и Траверс и другие научные сотрудники, затем студенты, и вскоре в лаборатории уже не оставалось свободного места. Спектроскоп переходил из рук в руки. Разумеется, я оказался совершенно забытым и чувствовал себя чужаком среди братьев. Мне кажется, что в этой переполненной лаборатории я последним увидел яркую желтую линию, открытую Локьером в солнечной хромосфере 34 года назад» [6, стр. 214].

В следующем эксперименте был использован бромид радия (30 мг), приобретенный Резерфордом. В спектральной трубке были видны ярко выраженные линии гелия, что явилось еще одним убедительным доказательством образования этого элемента из радия.

Результаты опытов были опубликованы 28 июля 1903 г. в трудах Королевского общества, в статье «Эксперименты по радиоактивности и образование гелия из радия» [7].

Итак, со всей несомненностью было установлено, что гелий является продуктом радиоактивных превращений. Однако механизм его образования оставался по-прежнему неясным. Предстояло ответить на вопрос, образуется ли гелий непосредственно из радия или из его эманации.

После многих бесплодных попыток это удалось сделать следующим образом. Было приготовлено два раствора бромида радия, которые в течение четырех дней выдерживались в герметически закрытых колбах. Смесь газов, собравшихся над поверхностями растворов, отбиралась в один сосуд, через который, в условиях избытка кислорода, проходил электрический разряд. Остаток, содержащий избыточный кислород, переводился в бюретку, содержащую небольшие количества влажной каустической соды. После откачивания прибора газ медленно пропускался над раствором поташа, затем над твердым поташом и пятиокисью фосфора, а также через



Вильям Рамзай в лаборатории

охлаждаемую жидким воздухом спиральную трубку, в которой конденсировалась практически вся эманация. В конце опыта эманация выпариванием и повторной конденсацией в жидком воздухе переводилась в небольшую вакуумную пробирку.

При прохождении через эту пробирку разряда индукционной катушки появлялся спектр, состоящий из нескольких зеленых линий, характерных для эманации радия. Кроме этого, в спектре были видны также линии углерода. Но линии гелия D_3 видно не было. По истечении же нескольких дней стал появляться слабый желтоватый отблеск. С течением времени (с 17 по 21 июля 1903 г.) линия эта стала выступать все яснее и яснее, затем начали появляться одна за другой и остальные линии гелия, и по истечении недели был виден весь спектр гелия [8].

Таким образом, экспериментально было доказано, что эманация радия самопроизвольно превращается в гелий. Повторный опыт дал те же результаты.

Так было сделано выдающееся открытие — радиоактивный элемент — эманация радия превращается в инертный газ — гелий, совершенно не обладающий радиоактивными свойствами⁷.

В письме Резерфорду Содди отмечал: «Это был подлинный триумф». «Открытие образования гелия из эманации радия имело большое значение,— подчеркивал позднее Резерфорд,— поскольку оно с поразительной очевидностью показало замечательную природу процессов, происходящих в радии, и было первым определенным свидетельством создания уже известного элемента в результате превращения радиоактивного вещества» [1, стр. 76].

11 сентября 1903 г. Н. А. Меншуткин на заседании Отделения химии Русского физико-химического общества зачитал выдержку из письма Рамзая от 4 августа,

⁷ В 1908 г. Резерфорд показал, что α -частица, выбрасываемая атомом радия, представляет собой не что иное, как атом гелия, несущий две единицы положительного заряда. Резерфорд и Д. Ройдс в 1909 г. писали: «Мы с уверенностью можем заключить, что α -частица, потерявшая свой заряд, представляет атом гелия. Другие данные указывают на то, что этот заряд равен 2 единицам электричества, причем единицей считается заряд атома водорода, выделившийся из воды во время электролиза» [9, стр. 69].

в котором автор сообщал, что бромид радия является постоянным источником эманации, которая «непрерывно превращается в гелий» [10, стр. 709].

14 апреля 1904 г. работа Рамзая и Содди была послана в Королевское общество [11]. В ней были подробно описаны эксперименты с эманацией и встретившиеся трудности при выяснении спектра эманации. В частности, описана установка, которая впоследствии использовалась для измерения скорости образования эманации.

Исследования Рамзая и Содди произвели сильное впечатление и вызвали крутую ломку взглядов многих химиков и физиков. Так, если президент Лондонского химического общества профессор Г. Армстронг в 1903 г. считал, что у химиков нет никаких доказательств существования атомов-«самоубийц», то после работ Рамзая он понял, что такие доказательства получены. «Новая сцена превращения,— писал Содди,— над которой взвился занавес XX в., начинающаяся превращением самых фундаментальных и постоянных элементов, признанных в прошлом физической наукой, простирается за пределы физической науки и освещает новым светом некоторые из самых основных и прочных понятий, в той или иной форме глубоко укоренившихся в наших представлениях о Вселенной» [12, стр. 116].

Придавая огромное значение работам Э. Резерфорда, Ф. Содди, В. Рамзая, В. И. Ленин обратил особое внимание на то, что радиоактивность сопровождается превращением одних химических элементов в другие. Анализируя эти работы, В. И. Ленин сделал ряд весьма интересных выводов. Так, рассматривая вопросы строения материи, природы химической связи, В. И. Ленин писал: «С каждым днем становится вероятнее, что химическое сродство сводится к электрическим процессам. Неразрушимые и неразложимые элементы химии, число которых продолжает все возрастать точно в насмешку над единством мира, оказываются разрушаемыми и разложимыми. Элемент радий удалось превратить в элемент гелий»⁸.

⁸ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 265.

Трансмутация

В 1904 г., выступая в Сан-Луисе на Международном Конгрессе по науке и искусству, Рамзай выдвинул следующую идею: «Можно предположить, что если передавать энергию какому-либо химическому материалу, например стеклу, то при этом возможно образование нового рода тел. Я предполагаю, что могут образоваться радиоактивные формы вещества, которые идентичны или связаны с теми, которые сейчас известны и, так же как радий и другие радиоактивные элементы, претерпевают спонтанное разложение, выделяя энергию. Я рискну предположить, что если энергия передается обычным формам материи, то происходит нечто вроде полимеризации и образуются радиоактивные элементы с более высокими атомными весами» [6, стр. 237]. Идея была чисто умозрительной и не имела никакой экспериментальной основы, за исключением одного опыта, поставленного в апреле 1903 г., в результате которого Рамзаю показалось, что действием эманации радия на гелий удалось получить криптон. Однако повторить эксперимент оказалось невозможным.

Сейчас трудно сказать, когда и каким образом Рамзаю впервые пришла в голову мысль о том, что превращения атомов могут быть вызваны воздействием на них радиевой эманацией, однако идея и вера Рамзая в трансмутацию элементов под воздействием радиоактивных излучений были весьма обоснованными. Небезынтересно в связи с этим проследить ход рассуждений ученого.

Один из величайших мыслителей XIX столетия, М. Фарадей, долгое время сохранял надежду, что химикам удастся превращать один элемент в другой. Он писал: «Разлагать металлы, преобразовать их и осуществить некогда абсурдную идею о превращении элементов — вот задача, поставленная теперь химиками для разрешения». По Рамзаю, в настоящее время эта надежда осуществлена» [13, стр. 153].

Превращение эманации радия в гелий, по словам Рамзая, «бесспорно позволяет заключить, что трансформация одного элемента в другой есть неоспоримый факт» [13, стр. 155]. Другим фактом было «свидетельство спек-

троскопа». Рамзай ссылается на книгу Локьера «Неорганическая эволюция» (1900 г.), в которой на основе изучения спектра Солнца и ряда звезд был сделан вывод, что количество спектральных линий увеличивается при переходе от более раскаленных звезд к менее раскаленным, что обусловлено появлением новых элементов. Если на Солнце и на звездах вследствие «царящих там высоких температур» наблюдается «упрощение известных на Земле элементов», то нельзя ли найти на Земле источник громадной энергии, с помощью которого можно осуществить трансмутацию элементов? Рамзай считал, что таким «наиболее удобным источником энергии является эманация... Мы имеем возможность, применяя ее, получить громадное количество энергии» [13, стр. 166].

По образному сравнению Рамзая, «в эманации мы имеем химическое оружие, превосходящее обычные реактивы настолько же, насколько современное ружье превосходит лук наших предков» [14, стр. 37].

В 1905 г. Рамзаем совместно с Д. Спенсером были поставлены опыты по изучению воздействия ультрафиолетовых лучей на полированную цинковую пластинку. Авторы полагали, что ультрафиолетовые лучи могут «детонировать» атомы металлов с освобождением электронов. При этом не исключалось, что, например, атом цинка может трансформироваться в совершенно новый элемент, который был назван Рамзаем «цинк-ионом». Рамзай допускал далее, что под воздействием радиации атомы металлов могут терять более двух электронов, в результате чего не исключено образование элементов с более низким атомным весом. Позже процесс такого рода был назван Рамзаем трансмутацией.

Весьма любопытно письмо Рамзая к Дж. Мак Гоуэну в августе 1906 г. «...Мне кажется, я уже сообщал, что мной обнаружен Li в первоначальном CuSO_4 . Но это доказывает, что в этом есть что-то необычное. По возвращении я исследую порцию, которая лития не содержит... Мне думается, что CuSO_4 может быть источником образования лития». И далее: «Флиндерс Петри (египтолог) передал мне 15 кг серебра, которые лежали в кувшине на протяжении 3 тысяч лет. Мы должны посмотреть, есть ли там литий» [6, стр. 256]. Совершенно ясно, что Рамзай полагал, что медь могла спонтанно с тече-

нием времени превратиться в литий даже без воздействия эманации.

В лекции, прочитанной в 1907 г. в Лондонском химическом обществе, Рамзай дал интересный исторический обзор развития идей о трансмутации. В начале лекции он остановился на значении термических изменений, сопровождающих химические реакции, и их воздействии на стабильность образующихся соединений.

Ряд элементов постоянно излучает энергию. По мнению Рамзая, о таких элементах можно сказать, что они «медленно взрываются». Наиболее ярким примером является радий, который всегда «теплее» окружающей среды и, «взрываясь», превращается в газ, названный Резерфордом эманацией радия. Последний также следует отнести к «взрывчатым телам», так как количество тепла, выделяемое данным объемом эманации, неизмеримо больше количества тепла, которое могло бы освободиться при взрыве такого же объема кислорода и водорода.

«Я хочу,— говорил Рамзай,— высказать предположение, что элементы по существу являются просто весьма устойчивыми соединениями, которые, для того чтобы претерпеть изменения, поглощают очень большое количество энергии. Как же должна передаваться эта энергия? По всей вероятности, процесс этого рода происходит в самых горячих звездах. Вполне возможно также осуществить подобные изменения на Земле, вызвав так называемую трансмутацию элементов. При этом я исхожу из того доказанного факта, что радий через эманацию переходит в гелий и что металлы под воздействием ультрафиолетовых лучей освобождают электроны. Какие это будут элементы, пока сказать трудно» [6, стр. 257].

В апреле 1907 г. Рамзай писал своей жене: «Я наконец установил вне всяких сомнений, что медь превращается в литий».

18 июня 1908 г. появилось предварительное сообщение [15], а в октябре того же года — подробная работа [16], в которой сообщалось, что при смешивании эманации радия с водой в растворе появляется неон со следами гелия, а при смешивании с раствором сернокислой меди — аргон без следов гелия, в то время как медь порождает литий.

Это была сенсация. Элемент с атомным весом 64 превращается в элемент с атомным весом 7! Рамзай и Камерон [17] трактовали это явление как результат бомбардировки α -лучами эманации атомов меди и молекул воды. Под воздействием ударов α -частиц некоторые из атомов Си раскалываются, в результате чего и образуются элементы с меньшим атомным весом (натрий, литий).

2 мая 1908 г. на заседании Немецкого химического общества В. Марквальд в своем докладе о радиоактивности говорил относительно результатов опытов Рамзая и Камерона: «Эти в высшей степени поразительные наблюдения требуют, однако, еще дальнейшего изучения, которое уже начато авторами с большим количеством радия⁹. Результаты ожидают с величайшим интересом» [18, стр. 183].

В 1909 г. на годовом собрании Лондонского химического общества темой своего выступления Рамзай избрал проблему строения элементов. Он подробно рассказал об экспериментах по воздействию эманации на воду и растворы солей меди и других элементов и выразил убеждение, что эти опыты доказали трансмутацию элементов относительно высокого атомного веса с образованием элементов более низкого атомного веса.

Среди физиков и радиохимиков эти сообщения вызвали удивление и недоверие к результатам опытов Рамзая и его сотрудников.

В 1908 г. М. Кюри и Гледич [19] провели опыт с тщательно очищенными реактивами, которые соприкасались только с платиной. В солях меди, облученных эманацией радия, было обнаружено при помощи спектроскопа присутствие калия и натрия; лития найдено не было. Найдя источник ошибки в опытах Рамзая и Камерона, М. Кюри и Гледич показали, как опасно применять кварцевую посуду, содержащую литий, при постановке столь тонких исследований. По-видимому, Кюри лично информировала Рамзая о результатах своих экспериментов. В письме Э. Фишеру он писал: «Исследования разворачиваются крайне медленно. Несмотря на

⁹ Источником эманации служили 151 мг бромида радия ($\text{RaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и 10 мг сернистого радия, что в сумме отвечает 87,7 мг металлического радия.

совет Кюри, я не собираюсь повторить эксперимент по трансформации Li—Cu . Все, что я могу сказать — это то, что нам удалось вызвать эту трансформацию и что Кюри этого не удалось. Я думаю, однако, что следующим этапом должно быть исследование трансформации Th—C (торий — углерод). В течение последних трех лет я экстрагировал из раствора 300 г $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ по 1,5 см³ углекислого газа каждые шесть месяцев; говоря коротко, я получил 0,5 см³ из 5 г аналогичного раствора, обработанного эманацией радия» [6, стр. 258].

В сообщении известного русского физика О. Д. Хвольсона. Русскому физико-химическому обществу о научных итогах 1908 г. говорилось: «Второе важное событие, второй важный шаг вперед, о котором я хочу сказать, представляет из себя в сущности шаг назад, который сделан в полной уверенности, который влечет за собой уничтожение какого-нибудь ошибочно принятого научного факта, должен быть признан шагом вперед, подобно тому как отнятый минус — то же самое, что прибавленный плюс. Я имею в виду те работы, которые связаны с знаменитыми исследованиями Рамзая.

Как известно, Рамзай нашел, что под влиянием эманации радия на раствор медного купороса образуется, между прочим, литий, а если эманация действует на воду, то образуется неон. Я, вероятно, не ошибусь, если скажу, что нам всем страшно хотелось бы, чтобы это было действительно так. Однако первый удар, хотя неокончательный, был нанесен этому наблюдению г-жею Гледич, которая указала, что хотя медь и литий находятся в радиоактивных материалах, однако отношение количеств лития и меди весьма неодинаково в различных минералах. Рамзай правильно возразил, что под влиянием эманации образуются из меди главным образом натрий и калий, а литий — лишь при особых условиях, которые могут быть и не выполненными в минералах. Но затем Кюри и Гледич тщательно повторили опыты, на которых основывался Рамзай, и никаких следов лития не нашли. Таким образом, они опровергли результаты исследований Рамзая»¹⁰ [20, стр. 120].

¹⁰ Представляет также несомненный интерес высокая оценка Хвольсоном научных заслуг двух женщин-ученых, выступивших с критикой всемирно известного ученого: «Если этот шаг назад я называл шагом вперед в научном отношении, то и в другом отношении

Опыты, поставленные учеником Рамзая Е. Перман, также опровергали возможность превращения меди в литий [21]. Тем не менее, Рамзай не придавал должного значения и данным Пермана, хотя последний был весьма опытным и способным химиком. К сожалению, лаборатория Рамзая не была приспособлена для постановки серьезных микрохимических экспериментов. «Подлинным источником лития,— не без юмора замечал Траверс,— являлся пепел от сигарет Рамзая. Рамзай был несколько небрежен и не заботился о том, где стряхивать пепел с сигарет» [8].

Резерфорд и Ройдс, подробно разбирая опыты Рамзая и Камерона по изучению образования неона, показали, что замеченный ими спектр неона объясняется проникновением в аппараты небольшого количества воздуха. Не признав справедливости критики Кюри и Резерфорда, Рамзай продолжал настаивать на правильности своих наблюдений, полагая, что под влиянием бомбардировок α -частицами атомы более тяжелых элементов распадаются с образованием элементов с низким атомным весом.

Неправильные и по существу ненаучные выводы Рамзая и его учеников явились результатом не только неточных и ошибочных в своей основе экспериментов. Многое, по-видимому, зависело от психологического и эмоционального настроения самого ученого, который отдавал предпочтение прежде всего результатам, соответствовавшим его желаниям и предварительным соображениям. Наиболее показательна в этом отношении опубликованная в 1913 г. сотрудниками Рамзая, Н. Колли и Г. Паттерсоном, работа, в которой утверждалось, что им удалось осуществить в катодной трубке синтез гелия из атомов водорода, в случае же, когда в трубке были следы кислорода, то кроме гелия им удалось наблюдать образование неона.

Вскоре после этих экспериментов Рамзай совместно с Эгертоном предпринял попытку осуществить синтез другого инертного газа — аргона. Сохранилась рукопись

он представляется шагом вперед, так как мы имеем здесь первый случай, когда в сложном научном вопросе авторитет женщины оказался на одинаковой высоте с авторитетом знаменитого ученого-мужчины. Я думаю, что в этом факте нельзя не видеть большой шаг вперед в истории культуры человечества» [20, стр. 121].

работы под названием «Синтез аргона», которая начинается весьма оптимистической фразой: «Мы полагаем, что нам удалось осуществить синтез аргона из водорода и серы, подвергая эти элементы действию катодных лучей» [6, стр. 264].

В лабораторной тетради 31 марта Рамзай записал: «Доказано, что в присутствии серы образуется аргон; при отсутствии серы образования аргона не наблюдается» [6, стр. 264].

Совершенно очевидно, что из всех изучавшихся видов превращения элементов наибольшее внимание ученого привлекала возможность, в результате трансмутации элементов получить гелий, неон, аргон и другие инертные газы. Рамзай несомненно являлся непререкаемым авторитетом в этой области и, по-видимому, считал, что любое научное открытие, связанное с инертными газами, может и должно быть сделано только им самим и его школой. Многолетняя и столь успешная работа в области инертных газов, по-видимому, породила у Рамзая известную иллюзию непогрешимости, что в сочетании с глубоко довлевшей над ним верой в трансмутацию элементов привело в конце концов к ошибочным выводам о возможности получения аргона, гелия и неона в результате превращения элементов.

Ф. Содди писал: «В более поздние годы жизни Рамзая стало трудно критиковать свои собственные идеи и экспериментальные результаты до их опубликования. Он, по-видимому, утерял в какой-то степени чувство великой ответственности, которая необходима научному лидеру, и особенно первооткрывателю» [8].

Великий экспериментатор, маг точных измерений оказался, таким образом, в плену заманчивых, но легких представлений о возможности весьма простым путем разбить «кирпичи мироздания». «Фантазия,— говорил Рамзай в 1903 г.,— имеет свое положительное значение: если бы опытам не предшествовали идеи, то никакой прогресс науки не был бы возможен» [22, стр. 19]. Но в данном случае фантазия заходила слишком далеко не столько в своей исходной идее, сколько в интерпретации результатов опытов, выполненных не столь безукоризненно и тщательно, как этого требовали микрохимические опыты с радиоактивными веществами. Надо сказать, что Рамзай не был одинок в своих пред-

ставлениях о трансмутации элементов. В 1908 г. в России Н. А. Морозов, увлеченный новыми открытиями в области радиоактивности, писал: «...что было бы удивительного, если бы, например, пропуская сильные переменные токи с разрывными разрядами через смесь азота и гелия, нам удалось бы ввести в атомы азота по полуатому гелия... и перевести таким образом азот во фтор и даже в неон? Химия в настоящее время находится накануне новой эры в истории своего развития. В... брызгах радия мы имеем в руках нарождающийся гелий... который может в каждом периоде системы минеральных элементов синтезировать более тяжелые атомы из более легких... То, что было безумной мечтой у древних алхимиков,— может скоро сделаться бескорыстным приобретением науки» [23, стр. 9].

Сообщения о возможности трансмутации элементов вызвали в научном мире оживленную полемику, которая проникла не только в научно-популярные журналы, но и на страницы газет. В 1913 г. русский ученый К. А. Тимирязев опубликовал в газете «Русские ведомости» статью под названием «Химическая смута», в которой подверг резкой и аргументированной критике доводы сторонников трансмутации элементов [24].

Развитие атомной физики показало, однако, что сама по себе идея трансмутации элементов являлась достаточно обоснованной. Даже если результаты оказались отрицательными, а выводы поспешными, можно считать несомненной заслугой Рамзая предпринятые им попытки экспериментальной проверки этой гипотезы. Слишком хотелось пылливому уму, используя новейшие открытия в атомной физике, заглянуть в будущее этой науки.

После работ Резерфорда, создавшего ядерную (планетарную) модель строения атома (1911—1912 гг.), Рамзай понял, что трансмутация — это нечто большее, чем простой отрыв электронов. Он принимает идею, что для трансмутации элементов необходимым условием является раскол ядра атома. «Альфа-частица проходит через встречные молекулы, как пуля проходит через мишень» [13, стр. 177]. Но, спрашивает Рамзай: «Что же случится, если произойдет центральное столкновение?» (т. е. столкновение α -частицы с ядром атома.— Ю. С., Л. П.), и отвечает (напомним, что эти слова писались летом 1912 г.): «По всей вероятности, одно из 8000

столкновений будет таковым. Задетый атом получит количество энергии, эквивалентное поднятию температуры на тысячу миллионов градусов Цельсия, и можно предположить, что в этом случае произойдет ионизация самого ядра атома, и, вероятнее всего, это будет сопровождаться необратимым изменением — другими словами — трансмутацией» [13, стр. 179].

В 1919 г. Резерфорд, как известно, подверг обстрелу α -частицами радия D молекулы водорода, кислорода, CO_2 и азота. Оказалось, что при столкновении α -частицы с атомами азота последний превращается в атом водорода и изотоп кислорода. Так впервые была на практике реализована трансмутация элемента. Способ, которым Резерфорду удалось осуществить трансмутацию, напоминает способ, положенный в основу работ Рамзая. Однако в работах Резерфорда большим достижением явилось использование нового физического метода анализа. Химический метод анализа, примененный Рамзаем, оказался неудачным.

Изучение физических свойств эманации радия ¹¹

В 1907 г. Рамзаю из Вены прислали 388 мг бромида радия, с которым он провел различные эксперименты. В 1909 г. Рамзай и Р. Витлоу-Грэй сжижили эманацию, измерили давление ее пара при различных

¹¹ Выражение «эманация радия» Рамзай считал не совсем удачным. Он полагал, что нужно придумать название, которое указывало бы на какое-либо из особых свойств этого газа и в то же время напоминало бы его «родственников» из ряда аргона. По поводу изменения названия «эманация радия» Рамзай и Витлоу-Грэй писали, что это «тяжеловесное название, не дающее никакого указания на положение этого элемента в периодической таблице, — положение, которое можно считать в настоящее время, несомненно, установленным. И для того чтобы указать на его отношение к газам группы аргона, необходимо дать ему сходное с ними имя; и так как спектр, точка замерзания, точка кипения, критическая температура и плотность элемента в жидком и газообразном состоянии, по которой вычисляется с несомненностью атомный вес элемента, были определены в нашей лаборатории, то оставалось только дать этому элементу какое-нибудь название. Название «нитон» — Nt («сияющий»), употреблявшееся в настоящей статье, казалось нам более подходящим» [25, стр. 124].

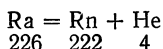
Это название, однако, не прижилось, и окончательное название, принятое в настоящее время, было дано Резерфордом — «радон»

температурах, определили точку замерзания и при помощи микровесов, чувствительных до одной миллионной доли миллиграмма, определили вес небольшого объема эманации [25]. Отсюда они вычислили ее атомный вес, равный 222,4 (современное значение 222,04), отличающийся от атомного веса радия (226,4) на 4 единицы,— вес одного атома гелия. Эту цифру приняла в 1911 г. Международная Комиссия по атомным весам. Рамзай и Грэй определили точку кипения эманации (-62°) и температуру перехода в твердое состояние (-71°). (Эти данные вошли во все современные справочники.)

О тех трудностях, с которыми столкнулись исследователи при определении атомного веса «нитона», Витлоу-Грэй впоследствии писал: «Первоначально найденная величина 176 для атомного веса нитона (радона) противоречила принятой в то время теории радиоактивного распада¹². Возник вопрос, может ли быть применена простая теория распада к образованию эманации из радия, атомный вес которого известен? Ясно, что этот вопрос не мог быть решен простым определением плотности газа. Казалось несбыточной мечтой ожидать каких-либо определенных результатов, имея для эксперимента крайне небольшие количества газа. Однако Рамзай был убежден, что это может быть сделано, и немедленно организовал исследования по изучению возможности использования микровесов для взвешивания минимальных количеств с точностью до 1%. Примерно в то же время ученик Рамзая, Б. Стил, который работал тогда в Мельбурне в сотрудничестве с доктором К. Грантом, построил новый прибор — микробаланс чувствительностью до 10^{-5} мг, и Рамзай воспользовался этими весами для взвешивания эманации. Рамзай поручил мне сконструировать весы Стила и Гранта, и в конце концов после введения ряда усовершенствований и опытов мы изготовили прибор с чувствительностью, в 10 раз превышающей обычные приборы» [28, стр. 183].

20 апреля 1911 г. в Париже на заседании Французского физического общества Рамзай сделал доклад «Оп-

¹² Резерфорд предложил следующую схему радиоактивного распада радия:



ределения бесконечно малых количеств вещества», в котором подробно рассказал об этих опытах и вычислениях [27].

Плотность и молекулярный вес нитона определялись Рамзаем и Витлоу-Грэем при помощи микробаланса — прибора для взвешивания исключительно малых количеств. Обычные весы, изготовленные из меди и алюминия, покоились на агатовой ножевидной подставке и приходили в движение от «довеска» 0,1 мг при нагрузке 20—30 г. Коромысло весов, изготовленное из кремниевых стержней, покоилось на ножевидной полированной кремниевой пластинке. В центральной части весов устанавливалось зеркало, которое отражало луч света на вертикальную шкалу, служившую указателем. Аналитические весы взвешивают от 0,05 до 0,001 мг, однако даже столь высокая чувствительность является недостаточной для определения веса нитона. Объем эманации в равновесии с 1 г радия равен 0,6 мм³, а Рамзай и Витлоу-Грэй располагали только $\frac{1}{6}$ (0,002 мг) этого количества (0,1 мм³) и для более или менее точного результата весы должны были показывать по крайней мере 0,02 этого веса, или $\frac{1}{100\ 000}$ мг. Фактическая чувствительность сконструированных весов оказалась в 5 раз выше и составила $\frac{1}{500\ 000}$ мг.

В результате тщательных измерений плотности нитона его средний атомный вес оказался равным 223¹³. При этом было проведено пять отдельных экспериментов с объемами нитона от 0,05 до 0,1 мм³ и весом от 572 до 738 ммг. Атомные веса, вычисленные для каждого из этих опытов, составляли: 227, 226, 225, 220, 218. Средняя продолжительность существования радона над растворами бромида радия 8,4 дня.

Теперь уже не оставалось никаких сомнений, что истинный атомный вес газа должен соответствовать более высокому значению из двух, которые были возможны в соответствии с периодическим законом. Научное предви-

¹³ Попытки определения атомного веса эманации предпринимали также и другие исследователи, и, в частности, Пьер Кюри и Данн (1903 г.) получили значение 176, Бумстед и Вилер (1904 г.) — 180, Резерфорд и Брукс (1904 г.) — 176, Маковер (1905 г.) — 100 и, наконец, Перкинс — 234 при 250° С и 235 при 275° С.

дение Рамзая и его высокое искусство экспериментатора, опыт и знания Витлоу-Грэя обеспечили поистине блестящее завершение долгой исследовательской работы над инертными газами, начатой в 1894 г.

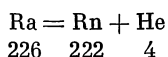
Представляет также интерес продолжение этой работы, о которой сам Рамзай писал так: «...Однако Рамзай и Витлоу-Грэй продолжили опыты дальше. При переходе в нитон радий расстается с атомами гелия; в свою очередь нитон выделяет «радий А», освобождая при этом другой атом гелия; радий А переходит в радий В (при этом гелий не освобождается). Далее радий В переходит в радий С с повторным освобождением гелия. Все эти изменения происходят со значительной скоростью; можно утверждать, что в течение 3 месяцев весь нитон переходит в радий D, который является стабильным телом и сохраняет свою индивидуальность на протяжении многих лет. Вполне возможно поэтому определить потерю веса, вызванную потерей гелия.

Запаянная капиллярная трубка была оставлена в сосуде на весах на четыре месяца и после этого уравновешена. За это время весь нитон превратился в радий D и гелий. Кончик капиллярной трубки, как обычно в экспериментах этого рода, был отбит и гелий откачан. Измерение веса показало потерю веса 27 миллионов *мг*. Однако вес гелия в пробирке должен составлять 38 миллионных *мг*.

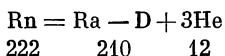
Было упомянуто, что атомы нитона «взрываются» при переходе в радий А и другие продукты В и С с освобождением атомов гелия, которые, возможно, сталкиваются со стенками капиллярного сосуда. Это было без трудности установлено. Капиллярная трубка была помещена в маленькую пробирку из кварца, куда было переведено небольшое количество кислорода. Далее, капиллярная трубка была запаяна и газ откачан. Кислород вымораживался и остающийся гелий взвешивался. Вес оказался равен 8 миллионным *мг*. Добавив 8 к 27, получили 35 миллионных *мг* вместо исходных 38... Следовательно, можно подтвердить, что нитон превращается в радий D с освобождением трех атомов гелия» [28, стр. 288—289].

Поскольку атомный вес радия был к этому времени установлен Кюри и Т. Торпе и составлял 226, то теперь, после определения атомного веса радона, оказывалось

Возможным вывести уравнение распада радия:



Из результатов описанных выше опытов со всей несомненностью следовало, что формула радиоактивного распада радона может быть представлена в виде следующего уравнения



Вывод указанных формул был подготовлен серией блестящих экспериментов, поставленных в начале XX в. Резерфордом, Рамзаем, Содди и Витлоу-Грэем, и имел большое значение для дальнейших исследований явления радиоактивности.

«Настоящее исследование,— писали Рамзай и Грэй,— служит еще раз доказательством в пользу изящной теории распада радиоактивных элементов, выдвинутой первоначально Резерфордом и Содди в 1902 г.» [25, стр. 124].

Радиотерапия

Рамзай придавал большое значение развитию радиотерапии. Он выделял для медицинских целей значительные количества эманации радия, полученной в его лаборатории.

В сентябре 1904 г. один из ближайших друзей Рамзая сэр Томас Лаудер Брунтон в своем выступлении на Конгрессе по науке и искусству в Сан-Луисе сказал: «Мой друг сэр Вильям Рамзай полагает, что эманация радия, будучи в определенной степени растворимой в воде, может быть введена в организм для разрушения рака внутренних органов, тем более что, как он выяснил, это вещество при введении животным не вызывало никаких неблагоприятных изменений» [6, стр. 228].

20 июня 1904 г. в письме к Фишеру Рамзай сообщает, что им начаты исследования по изучению биологического воздействия эманации на животных.

2 апреля 1905 г. Рамзай писал Оствальду: «...Недавно я сообщал о некоторых экспериментах, поставленных моим коллегой Старлингом, который делал инъекцию растворов эманации радия мышам без каких-либо последствий. Аналогичной обработке подвергли кошку. Растворы, по-видимому, не являются ядовитыми. В октябре молодой хирург Бешфорд сделал инъекцию мышам, зараженной раком. Результат оказался поразительным: после 48 часов опухоль почти исчезла. Позже была применена более сильная доза эманации и мышь погибла» [6, стр. 228]. Далее Рамзай описывает лечение человека, страдавшего раком кишечника. После инъекции эманации пациент, по-видимому, находился в хорошем состоянии.

2 мая того же года Рамзай в восторженных тонах сообщал Оствальду, что в лечении рака достигнут определенный прогресс и что «наблюдаются неоднократные случаи излечения пациентов» [6, стр. 229]. Рамзай построил установку для получения эманации из 0,25 г бромида радия. Эманация отбиралась еженедельно, растворялась в воде и затем использовалась для инъекций.

Отвечая Рамзаю 6 мая, Оствальд писал, что весьма заинтересовался новым направлением в лечении рака.

15 апреля 1906 г. Рамзай вновь писал Оствальду: «Мы добились существенного прогресса в использовании эманации для терапевтических целей. По-видимому, эманация малорезультативна в случае карциномы, однако в случае эпителиомы и саркомы результаты ободряющие» [8].

Несмотря на увлечение Рамзая радиотерапией, это направление не было основным в его исследованиях. Рамзай продолжал работу по переработке радиоактивных руд. 28 февраля в письме к Оствальду он пишет о работе над торийсодержащим минералом, а 26 марта упоминает, что переработкой руды занимается его студент Отто Ган¹⁴: «Мы получили около 40 мг нового ве-

¹⁴ О. Ган (1879—1968 гг.) — выдающийся немецкий физик и радиохимик, лауреат Нобелевской премии. Открыл ряд изотопов радиоактивных элементов: радиоторий (1905 г.), мезоторий (1907 г.) и новый радиоактивный элемент — протактиний (совместно с Л. Мейтнер, 1917 г.). В 1938 г. совместно с Ф. Штрассманом открыл деление атомных ядер урана под действием нейтронов. «Историю

щества, которое выделяет эманацию тория и которое в 250 тысяч раз более активно, чем торий» [6, стр. 223]. Далее представляет интерес оценка работы О. Гана: «Естественно, что мы обсуждали научные проблемы ежедневно, однако я чувствовал, что мой вклад и помощь в его работе были минимальными: я думаю, что он должен публиковать результаты самостоятельно, под своим именем» [6, стр. 224]. В дальнейшем подтвердилось, что Рамзай не ошибся в оценке научных способностей Гана.

В 1909 г. Рамзай принял непосредственное участие в изыскании отечественных источников радия. Совместно со своим ассистентом Уайтхаусом он разработал методику получения радия из смоляной обманки.

Для промышленного производства радия в Англии была основана компания «Радиум Корпорейшн», и уже к концу 1910 г. были построены первые установки и получены первые порции чистого радия.

В докладе «Лучи Беккереля» Рамзай, изложив историю открытия явления радиоактивности, говорил о замечательных перспективах теоретического развития и практического применения учения о радиоактивности. «Перед нами,— говорил Рамзай,— в самом зародыше еще группа явлений, которая в будущем сможет оказать и, наверное, окажет глубочайшее влияние на жизнь человечества. Если мы сравним начатки открытий, которыми мы обязаны Гильберту, Франклину, Вольты, Фарадею, с тем, что из этих начатков теперь развилось, с электрическим телеграфом и динамомашинной, мы не сможем не прийти к тому выводу, что будущее чревато еще гораздо большими открытиями, чем даже эти. Правда, сами ученые, сделавшие эти открытия, как Кюри, Герц, Ленар, Беккерель, никаких практических применений из них не сделали. Но никогда не будет недостатка в людях, от глаз которых не укроется практическая сторона их, и они сумеют воспользоваться ею

изотопов,— писал Ф. Содди в 1922 г.,— надо начать с открытия в 1905 г. сэром Вильямом Рамзаем и Отто Ганом радиотория,— нового продукта в ряду распада тория,— который является промежуточным между торием и торием X» [29, стр. 374].

для целей, полезных для человечества. Тем больше оснований для того, чтобы представить ученому исследователю, как таковому, полную возможность работать, ибо именно ему мы обязаны в последнем счете всем, на чем основаны наши успехи в области физической и материальной» [30, стр. 28]. В другом месте по этому же поводу Рамзай говорил, что «перед нами здесь широкое поле для исследований, обещающее богатую жатву, и работа жнеца должна представлять величайший интерес» [30, стр. 55].

Пророческими оказались также следующие слова Рамзая: «Если бы элементы, которые мы привыкли рассматривать как неизменные, оказались способны к трансформации с выделением энергии, если бы можно было подобрать подходящий катализатор трансформации элементов, тогда безо всякого преувеличения можно сказать, что все будущее человечество стало бы иным» [31].

Общественная деятельность

Расцвет научной и общественной деятельности Рамзая относится к последнему десятилетию XIX — началу XX в. и совпадает с чрезвычайно интересным периодом в истории естествознания. В эти годы физика и химия ознаменовались крупнейшими открытиями, приковали к себе внимание широкой научной общественности и надолго захватили роль лидеров естествознания.

Начало XX в. характеризуется необычайным оживлением научной жизни. Буквально все виды научных форумов: конгрессы, конференции, симпозиумы превращаются в поле острых дискуссий о научном и техническом значении сделанных открытий и перспективах дальнейшего развития естественных наук. При организации, например, Международного научного конгресса в Сан-Луисе (США) в 1904 г. его целью была сформулирована следующим образом: «Цель конгресса состоит в реализации единения выдающихся ученых — единения, должествующего превзойти все попытки, сделанные в этом направлении до сих пор. На этом конгрессе представители всех ветвей человеческих знаний будут обсуждать взаимные соотношения отдельных наук, их прогресс в течение истекшего века и их приложения к нуждам человечества. Целью этого предприятия служит стремление к объединению многочисленных ветвей научной деятельности, ибо такое объединение помогло бы восстановить взаимодействие между различными дисциплинами» [1].

Будучи по своему характеру исключительно энергичным и деятельным человеком и глубоко интересуясь

проблемами развития науки, Рамзай не мог находиться в стороне от общественной жизни, насыщенной интереснейшими научными событиями. С самого начала своей научной и педагогической деятельности он серьезно и глубоко интересовался вопросами постановки образования и подготовки химиков-специалистов. Ученый неоднократно говорил, что истинными ключами прогресса являются изобретение и открытие. И хотя не каждому дано внести свой вклад в общую сокровищницу человеческого знания, «открытия, сделанные другими, не могут не заинтересовать даже самый заурядный ум» [2, стр. 201].

Интерес Рамзая к проблемам постановки образования нашел отражение также в его переписке. Весьма ярко его взгляды на эту проблему выражены в письме Вортингтону от 29 апреля 1886 г., которое Рамзай написал в возрасте 34 лет: «Я совершенно согласен с необходимостью распространения научного знания и уверен, что можно назвать много причин, в силу которых этого стоит добиваться. Я думаю, что надо найти также методы воздействия на молодые умы, чтобы они сами смогли убедиться в практической пользе изучаемых ими вещей. В своих лекциях я всегда начинаю с практического применения и только потом перехожу к изучению предмета, не опасаясь при этом неизбежного повторения и возвращения к прикладным вопросам. Мне кажется, что лучшим методом преподавания является «от известного к неизвестному»...

Вчера я сказал одному из своих учеников: «Предположим Вы увидели овцу, как Вы сможете доказать, что это овца?» Ученик ухмыльнулся и описал овцу. «Теперь предположим, что Вы увидели ее скелет, как бы Вы доказали, что это скелет овцы?». Ученик привел мне характерные детали скелета — зубы и ноги. На это я сказал студенту, что точно таким же образом он должен изучать различные свойства серебра с тем, чтобы впоследствии было легко определить его по одному из таких характерных свойств. Я думаю ученик понял меня. Вообще мне кажется, что в первую очередь необходимо устранить элемент таинственности, которая окружает вещи...

Перейду теперь к существу вопроса о преподавании и начну при этом с аксиомы. Нельзя стать хорошим

преподавателем, не будучи в то же время хорошим ученым. В естественных науках это означает также, что нельзя преподавать, не проводя исследовательской работы. Преподаватель, не работающий в лаборатории, не сможет заинтересовать учеников своим предметом. Кто же преподает у нас? Большей частью это выпускники из Оксфордского и Кембриджского университетов, которые практически не получили подготовки исследователя, но которые хорошо понимают и практикуют усвоенную ими экзаменационную систему» [2, стр. 202].

По мнению Рамзая, право на преподавание должны иметь люди, обладающие научной степенью, которая должна присуждаться не столько за оригинальность исследований, сколько за владение научными методами мышления. «Преподавателем может быть человек, способный к открытиям и изобретениям,— ведь только изобретатели могут обучить других своему искусству и только они смогут открыть в других изобретательскую жилку» [2, стр. 203].

Уже упоминалось, что Рамзай получил образование в Глазго и Тюбингене. Его взгляды, следовательно, сложились в какой-то степени под влиянием систем образования, принятых в Шотландии и Германии. Не случайно, на протяжении своей научной деятельности Рамзай выступал как сторонник системы образования, принятой в Германии, считая ее более эффективной и рациональной, чем английская.

Наиболее полно свои взгляды на начальное и среднее образование ученый выразил в своей статье, опубликованной в манчестерской газете «Дейли Диспетч» в январе 1916 г. Он в исключительно резкой форме критиковал постановку в Англии среднего образования, которое, по его словам, «всегда находилось в крайне хаотическом состоянии» [3]. «Преподаватели в средних школах,— писал Рамзай,— как правило, малоквалифицированные молодые люди, единственным преимуществом которых считается университетский диплом... В результате наша молодежь имеет весьма слабое представление о современной жизни и научных идеях» [3]. По мнению Рамзая, еще хуже обстоит дело в университетах, многие из которых находятся под влиянием устаревших догм классического образования. Классические языки и литература являются реликвиями прежних ци-

визаций и в определенных случаях должны оставаться предметами изучения. В то же время следует учитывать, что эти предметы совершенно не отвечают современной деятельности и современным представлениям. Цель образования, помимо всего прочего, должна выявить у студентов способность к самостоятельному мышлению, развить изобретательскую жилку.

Вопросам университетского образования Рамзай посвятил свое выступление перед преподавателями Лондонского университета 6 июня 1901 г.¹, в котором было высказано мнение, что основной задачей профессоров, ассистентов, преподавателей является расширение знаний студентов, что соответственно является и основной функцией университета в целом. Однако это не единственная их задача. Далее он проводит свою любимую аналогию с немецкими университетами, каждый из которых имеет в своем составе философский факультет, являющийся своего рода «институтом мудрости и познания». Вся работа, проводящаяся этим факультетом, направлена на раскрытие секретов природы, на создание нового знания и может быть охарактеризована одним словом: Исследование.

Поэтому другой важнейшей функцией университета является попытка ответить на вопрос: «Почему?» — вопрос, который задавался еще в древности. Уже тогда было выяснено, что ответ на вопрос не так-то уж прост и что очень часто сначала необходимо ответить на другой вопрос: «Как, каким образом?» Чем лучше мы сможем описать как устроены вещи, тем скорее мы сможем ответить на вопрос, почему они так устроены.

Ответы на эти вопросы интересуют большую часть человечества и не интересоваться ими, значит, по мнению Рамзая, проявить отсутствие подлинной культуры. «Человек, который довольствуется сегодняшним днем, не так уж далеко ушел от первобытного состояния, так как подлинным признаком цивилизации является способность предвидения. Лишь тот, кто может предвидеть грядущее, способен справиться с природой и победить ее.

...Когда Фарадей сделал открытие, что магнит воз-

¹ Позже эта речь под названием «Функции университетов» была включена в книгу «Очерки биографические и химические», опубликованную в 1903 г. [4].

буждает в витке проволоки электрический ток, то в то время это событие представляло только научный интерес. В последующем открытие Фарадея привело к появлению электрического света и использованию электричества в качестве источника энергии.

Когда А. Гофман и У. Г. Перкин (старший) исследовали продукты окисления анилина, они не могли предположить, что в последующем одно единственное предприятие по производству красителей будет насчитывать 400 производственных помещений и 5000 рабочих» [2, стр. 205].

И. все же, утверждал Рамзай, все эти открытия, хотя и привели к важным практическим результатам, уступают по своему значению более универсальным и принципиальным открытиям. В качестве примера он приводит открытие Д. Джоулем и Р. Майером эквивалентности тепла и работы, что, по его мнению, окажет гораздо большее влияние на будущее, так как закон сохранения и превращения энергии дает возможность составить правильное представление о природе энергии, что, в свою очередь, обеспечивает возможность экономического преобразования энергии. «Процветание человечества,— замечает Рамзай,— зависит от машин и инструментов, преобразующих энергию» [2, стр. 209].

Рамзай далее еще раз останавливается на важности расширения границ познания и утверждает, что исследователь должен находить время для преподавательской работы.

Чем шире росла известность Рамзая как ученого, тем чаще он привлекался к деятельности различных общественных организаций. За сравнительно короткий срок ученый был избран президентом химической секции Британской ассоциации (1897 г.), президентом Общества химической промышленности (1903 г.), президентом Лондонского химического общества (1908 и 1909 гг.), президентом Международного конгресса прикладной химии (1909—1910 гг.), президентом Британской ассоциации (1911 г.).

Его выдающиеся личные качества, глубокий интерес к науке, прекрасное владение иностранными языками, позволили ему завязать непосредственные контакты с широким кругом людей науки во многих странах мира. Он неоднократно выступал с лекциями перед научной

общественностью Парижа и Женевы, Берлина и Вены, еще больше расширяя круг своих знакомств среди иностранных ученых, многие из которых стали впоследствии его близкими друзьями.

Рамзай вел широкую научную переписку с английскими и иностранными учеными, обмениваясь с ними информацией по кардинальным проблемам химии того времени, оспаривая или, наоборот, защищая то или иное научное положение, ту или иную идею. Среди его корреспондентов можно назвать таких выдающихся ученых, как Оствальд, Бертло, Аррениус, Фишер, Вант-Гофф. Не подлежит сомнению, что научная переписка Рамзая является одним из наиболее ярких примеров его активной общественной деятельности. Необходимо иметь в виду, что в переписке нашли отражение не только чисто научные вопросы. Широко обсуждались также проблемы организации научных исследований, вопросы постановки образования и т. д.

На протяжении 17 лет (начиная с 1897 г.) Рамзай принимал активное участие в работе комиссии по решению проблемы сточных вод. Эта работа была связана с необходимостью многочисленных инспекционных поездок по стране, лабораторным анализом образцов и отработкой рациональных методик анализа. Результаты работы обычно оформлялись в виде отчетов, число которых за весь период существования комиссии и участия в ее работе Рамзая достигло 10.

Рамзай — активный участник собраний Британской ассоциации развития науки (British Association for the Advancement of Science), которая была основана в 1831 г. в английском городе Йорк. Основная задача ассоциации формулировалась в ее уставе так: «Дать сильный импульс и более систематическое направление научным изысканиям, приобрести больший объем научных знаний и устранить недостатки, мешающие прогрессу науки». Ассоциация была призвана всемерно развивать обмен информацией между учеными разных стран.

Одной из наиболее интересных форм работы Британской ассоциации являлись собрания, которые начиная с 1831 г. проводились ежегодно, за исключением военного времени. На годовых собраниях проводились дискуссии в самых различных областях науки, за исклю-

чением медицины. Годовые собрания как форма работы ассоциации представляют особый интерес в связи с участием в ее работе не только ученых, но и более широких кругов общественности, что создавало дополнительные возможности популяризации науки. Чрезвычайно полезной являлась также возможность контактов между учеными смежных специальностей.

Британская ассоциация проводила интенсивную работу по популяризации науки, организуя чтение лекций, семинары, симпозиумы и т. д. В ряде случаев предоставлялись субсидии на проведение отдельных исследований.

В 1916 г. комиссия, избранная Британской ассоциацией, сделала следующее заявление: «Едва ли подлежит сомнению, что обширные местонахождения и легкость добывания угля послужили для нас основой подъема промышленности и торговли в прошлом столетии² и обеспечили нам преимущество среди других наций, но в такой же степени очевидно, что мы недолго будем иметь возможность пользоваться этим преимуществом перед нашими конкурентами» [5, стр. 141]. Тревога, высказанная в последних словах, была весьма обоснованной и вытекала из объективного анализа следующих данных, характеризующих потребление угля в ряде промышленных стран:

	США	Великобритания	Германия
1900—1904 гг.	288,2 млн. <i>т</i>	226,8 млн. <i>т</i>	112,5 млн. <i>т</i>
1905—1909 гг.	400,5 » »	256,0 » »	139,8 » »
1910—1914 гг.	519,2 » »	269,9 » »	168,3 » »

Из приведенных данных следует, что, хотя Англия и отставала по уровню добычи угля, его потребление возрастало быстрыми темпами. А такой рост добычи угля не мог не беспокоить, ибо запасы его на Британских островах не безграничны. Вот почему Рамзай говорил, что «мы должны уделить соответствующее внимание рациональному экономическому использованию угля».

² В середине XIX в. Англия действительно занимала преобладающее положение в мировой экономике. Ей принадлежало около половины мирового производства чугуна, более половины добычи каменного угля.

Но была и другая сторона этой проблемы. Изнурительный и опасный труд шахтера не раз заставлял английских ученых изыскивать технические средства облегчения их труда. Так, Г. Дэви изобрел в 1815 г. свою знаменитую рудничную лампу. «Два великих события потрясли Англию в 1815 г.: победа Веллингтона над Наполеоном и победа Дэви над рудничным газом» — писалось в свое время по поводу этого открытия [6, стр. 66].

Почти через 100 лет другой английский химик предложил осуществлять подземную газификацию каменного угля³. Свою идею Рамзай впервые высказал в августе 1911 г., на собрании Британской ассоциации в Портсмуте и повторил ее 23 марта 1912 г. на открытии выставки по борьбе с дымом. Он заявил, что если бы мы располагали в земле «ретортами с газом», это могло бы открыть блестящие перспективы для энергетики. С его точки зрения, имеются реальные возможности бурения угольных пластов с последующим поджиганием первого слоя угля электрическим путем. При этом для поддержания горения угля необходимо предварительное пропускание воздуха. Рамзай выразил эту идею следующим образом: «Когда выделится достаточное количество тепла, количество воздуха, пропускаемого через скважину, может быть ограничено. Уголь при взаимодействии с большим количеством воздуха образует двуокись углерода. При частичном сжигании образуется окись углерода, которая используется для газовых двигателей. При пропускании пара можно получить смесь водорода и окиси углерода, которая также частично используется в газо-

³ Отметим, что идея подземной газификации угля была четко высказана Д. И. Менделеевым еще в 1888 г. Он предсказывал, что «настанет, вероятно, со временем даже такая эпоха, что угля из земли вынимать не будут, а там, в земле, его сумеют превращать в горючие газы и их по трубам будут распределять на далекие расстояния». Практически эту идею Менделеев предлагал осуществить следующим образом: «Пробурить к пласту несколько отверстий, одни из них должно назначить для вдувания воздуха, другие для выхода (даже вытягивания), например инжектором горючих газов». Исследуя пожары в шахтах, Менделеев пришел к выводу, что этими пожарами «можно пользоваться, управляя ими и направляя дело так, чтобы горение происходило, как в генераторе, т. е. при малом доступе воздуха. Тогда должна происходить окись углерода и в пласте должен получаться воздушный или генераторный газ» [7, стр. 66].

вых двигателях. Если у скважины или шахты установить газовые двигатели, то можно, используя газ, здесь же получать энергию. Таким образом, можно использовать 30 процентов энергии угля по сравнению с 15%, которые используются в обычных двигателях на твердом топливе. Эта энергия может быть здесь же, у выхода скважины, трансформирована в электрическую, после чего нетрудно организовать ее передачу в любое место страны. Таким образом, электричество станет доступным для освещения и обогрева, железные дороги будут работать на электричестве, и единственное топливо, которое потребуется, будет нефть для судов» [8, стр. 692].

21 апреля 1913 г. в газете «Правда» (№ 91) В. И. Ленин опубликовал статью: «Одна из великих побед техники», в которой писал, что «Переворот, который вызовет ее решение, громаден... Открытие Рамсея означает гигантскую техническую революцию в этой, едва ли не самой важной отрасли производства капиталистических стран. Рамсей открыл способ непосредственно, на месте нахождения угля, без извлечения его на поверхность земли, превращать этот уголь в газ... Переворот в промышленности, вызванный этим открытием, будет огромен»⁴.

В. И. Ленин подчеркивал, что этот прогрессивный технический метод даст возможность с помощью газовых двигателей получить вдвое большую долю энергии, заключающейся в каменном угле, чем с помощью паровых машин, и одновременно позволит освоить неразрабатываемые бедные залежи углей. Этот способ, поставленный на службу обществу, по мнению Ленина, при социализме будет способствовать «электрификации» всех фабрик и железных дорог. А это «избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории»⁵.

Как же в дальнейшем на практике осуществлялась эта идея Рамзая? В Англии она не получила практической реализации, но нашла свое решение в СССР. 3 декабря 1930 г. вопросу о возможности применения в промышленности способа Менделеева — Рамзая о непо-

⁴ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 23, стр. 93—94.

⁵ Там же.

средственным добывании газа из каменноугольных пластов было посвящено специальное заседание научной комиссии Комитета по химизации народного хозяйства при Совете Народных Комиссаров Союза ССР.

Предварительно Научная комиссия разослала крупнейшим советским ученым: академикам А. Н. Баху, Н. С. Курнакову, П. П. Лазареву, И. М. Губкину, В. И. Вернадскому, А. Е. Ферсману, профессорам В. Я. Курбатову, Г. Л. Стадникову и другим — на изучение материалы по данной проблеме, включающие копию статьи В. И. Ленина «Одна из великих побед техники», выписку из работы Д. И. Менделеева «Уральская железная промышленность», а также выписку из статьи академика П. И. Вальдена о Рамзае.

На заседании, проходившем под председательством академика А. Н. Баха, ученые подчеркивали, что «внимание, уделенное Владимиром Ильичем идее Менделеева — Рамзая, есть указание на то, что идея подлежит разработке, даже если трудности велики...»

В принятом постановлении, в частности, говорилось: «1) Признать, что отмеченная еще в 1913 г. творцом социалистического строительства и великим мыслителем В. И. Лениным идея Менделеева — Рамсея о непосредственном добывании газа из недр каменноугольных пластов... по свидетельству ряда ученых, имеет в настоящее время и, в особенности, в условиях социалистического строительства, все условия для начала ее исследования... 2) Для изучения проблемы в целом, проведения необходимых изысканий и постановки опыта считать целесообразным организацию при Президиуме ВСНХ особой Комиссии в составе специалистов по тем областям науки, которые касаются означенного вопроса» [9]. В октябре 1931 г. Научная комиссия Комитета по химизации народного хозяйства подвела первые итоги проведенной работы: был собран библиографический материал о рудничных подземных пожарах за период с 1900 по 1930 г., началась подготовительная работа по созданию в подземных условиях опытной лаборатории, разработаны три проекта по подземной газификации каменного угля. В 1940 г. была введена в эксплуатацию Подмосковная станция «Подземгаз» в районе Ново-Басовского бурогоугольного месторождения. До 1963 г. она выработала 3 миллиарда кубических метров газа. Даль-

нейшее развитие подземной газификации угля было задержано, с одной стороны, трудностями механизации подземных работ, а с другой — открытием и эксплуатацией мощных источников природного газа.

Но вернемся в Англию и продолжим рассказ об общественной деятельности Рамзая. Весьма деятельное участие Рамзай принимал в организации Британской научной гильдии, которая к тому времени приобрела определенное влияние и успешно развивалась. В 1903 г. Н. Локьер, будучи тогда президентом Британской ассоциации, выступил за организацию ученых в лигу или гильдию «для того, чтобы привлечь большее внимание к объектам науки с целью устранения помех, мешающих ее прогрессу» [10, стр. 240]. Локьер надеялся, что Совет Британской ассоциации примет соответствующие меры. Поэтому он собрал комитет для обсуждения его предложений, результатом чего было торжественное основание в 1905 г. Британской научной гильдии, созданной главным образом с целью изучения различных проблем, возникающих перед нацией и государством.

Научная гильдия привлекла к своей работе ряд известных ученых, которые занимались изучением источников энергии. В частности, изучались такие проблемы, как возможность использования приливов, внутреннего тепла земли, энергии ветра, солнечного тепла и энергии воды, расширения лесов и использования в качестве топлива древесины и торфа и, наконец, даже использования энергии распада элементов.

Практическая деятельность гильдии была возложена на исполнительный комитет, возглавлявшийся Н. Локьером и Вильямом Матером. Одним из вице-президентов комитета стал Вильям Рамзай. Непосредственное практическое изучение научных проблем проводилось следующими подкомитетами гильдии: сельскохозяйственным, сохранения природных источников энергии, по вопросам общего и технического образования, медицинским, вентиляции, технической оптики, финансовым, взрывчатых веществ и подкомитетом по вопросам «науки и государства». Название подкомитетов само по себе дает некоторое представление о масштабе деятельности научной гильдии, на заседаниях которой обсуждались такие проблемы, как «Развитие промышленных и научных исследований», «Наука и война», «Организация и образо-

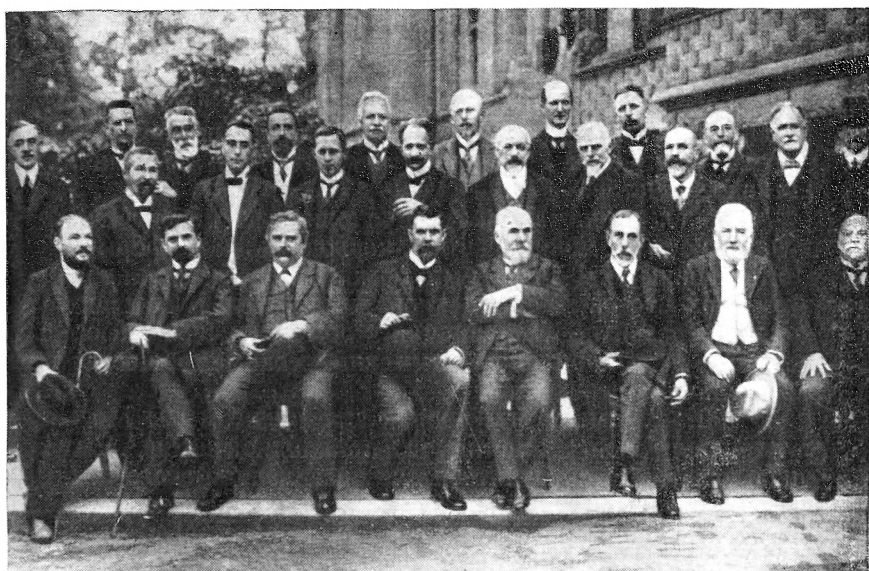
вание», «Наука в образовании и промышленности». Однако наиболее важная и общая задача, стоявшая перед Гильдией, состояла в «мобилизации науки» и обеспечении тесного контакта ученых с промышленностью.

В период первой мировой войны деятельность Британской научной гильдии существенно активизировалась. В 1915 г., на 10-м году существования Гильдии, стал издаваться периодический журнал (Journal of the British Science Guild), первый номер которого содержал подробный отчет о девятом годовом собрании Гильдии, состоявшемся 1 июля 1915 г. в Институте электрической промышленности. С основной речью (президентским адресом) на тему «Национальная организация науки» на собрании выступил Рамзай. Эта речь, оказавшаяся практически последним выступлением Рамзая, вызвала исключительный интерес среди научных кругов страны. В своем адресе ученый высказался за немедленное принятие ряда мер по улучшению взаимосвязи между наукой и промышленностью. По его мнению, эта задача могла бы быть успешно решена путем организации при правительстве научно-консультативного совета. Рамзай потребовал также принятия неотложных мер к запрету экспорта хлопка в Германию, о чем мы подробнее скажем дальше.

В 1908 и 1909 гг. Рамзай избирается президентом Лондонского химического общества. Это общество было учреждено в 1841 г. и имело целью расширение обмена химической информацией и активную пропаганду химических знаний⁶. В уставе общества, подписанном королем в 1848 г., организация именовалась так: «Химическое общество продвижения химической науки, тесно связанное с процветанием промышленников Соединенного Королевства, многие из которых (промышленников) зависят от применения химических принципов и открытий, что должно способствовать их выгодному развитию, экономическому применению промышленных источников и санитарному состоянию общества».

Химическое общество располагает ныне одной из самых больших в мире библиотек химической литературы, включая, в частности, обширную коллекцию старинных

⁶ Первым президентом общества был известный английский ученый Томас Грэм.



В. Рамзай среди участников Международной химической ассоциации (1913 г.)

книг по алхимии, собранную Г. Роско. Обществом издается целый ряд периодических журналов, получивших широкую известность среди химиков: Journal of the Chemical Society; Annual Report of the Progress in Chemistry; Quartely Reviews Current Chemical Papers; Chemical Communications Chemistry in Britain, и т. д.

В 1913 г. Рамзай был избран Президентом Международной ассоциации химических обществ, учрежденной в 1911 г. в Париже. Основная цель Ассоциации — установить связь между химическими обществами мира для разработки вопросов, представляющих общий международный интерес в химической науке (разработка номенклатуры неорганической и органической химии, выработка единого обозначения физико-химических констант и т. п.) [11].

К началу 1912 г. Ассоциация объединяла 12 национальных химических обществ, в которых в общей сложности насчитывалось 18 000 членов. Совет Ассоциации

учредил Международную комиссию по пересмотру номенклатуры неорганических соединений. Для обсуждения материалов, полученных комиссиями на местах, и для обсуждения программы дальнейших работ 11—13 апреля 1912 г. был созван в Берлине съезд членов Совета ассоциации, в работе которого Рамзай принял активное участие.

Мировая война помешала продолжению работ Международной ассоциации в ее первоначальной форме⁷. После войны в 1919 г. был организован международный союз чистой и прикладной химии, целью которого являлось развитие координации и обмен научной информацией между национальными химическими обществами различных стран мира.

В 1909 г. Рамзай был избран Президентом VII Международного конгресса чистой и прикладной химии⁸. Ему пришлось много потрудиться для организации этого конгресса, который открылся 27 мая. Ниже приведен отрывок из речи Рамзая при открытии конгресса: «Невозможно провести линию водораздела между научной и технической химией. Как-никак химия прежде всего — прикладная наука, и лишь недавно появилась тенденция превратить ее в раздел прикладной математики. Главное отличие между чистой и прикладной наукой состоит в том, что технолог стремится получить ответ на очень важный для него вопрос: окупит ли себя проводимое исследование? В то время как это абсолютно не относится к ученым. Ответ ученого на поставленный вопрос гораздо менее определен. Однако по существу и прикладная и теоретическая наука — это две стороны

⁷ Вскоре после начала первой мировой войны Ассоциация распалась. Летом 1914 г. Французская Академия наук организовала совещание с представителями различных правительственных департаментов и назначила четыре комитета для поддержания контактов между учеными, с одной стороны, и институтами и правительством, с другой. 8 октября 1914 г. в передовой статье в журнале «Nature» Рамзай заявил, что, по его мнению, аналогичные комитеты должны быть созданы в Великобритании. 5 ноября Совет Королевского общества назначил комитет, состоящий из подкомитетов по химии, физике и промышленности. Описание работы подкомитетов содержится в одной из статей, опубликованной Рамзаем в газете «Daily Dispatch» под названием «Германская коммерческая военная машина» (январь — февраль 1916 г.) [12].

⁸ Первый Международный конгресс чистой и прикладной химии собрался в Брюсселе в 1894 г.

одной и той же дисциплины. Мы еще неотчетливо сознаем это. Однако на континенте наши научные коллеги хорошо это поняли и действовали с убеждением, что степень промышленного использования данных науки во многом зависит от союза между техническим и практическим персоналом, от координации между университетами и заводами.

Часто говорят, что наука не знает границ, и этот конгресс хорошо подтверждает эту истину» [10, стр. 245].

Конгресс был весьма представительным: на нем присутствовали многочисленные делегаты различных стран. От России в работе съезда принимали участие П. И. Вальден и Л. А. Чугаев.

«С В. Рамзаем,— вспоминал П. И. Вальден,— я встречался многократно. В 1909 г., во время VII Международного съезда по прикладной химии в Лондоне, я имел случай встретиться с ним, как с президентом этого съезда. В 1910 г. ...я имел возможность ближе присматриваться к Рамзаю как оратору, юмористу и музыканту-виртуозу. Снова я встретился с этим очаровательным человеком весною в 1912 г. в Берлине, на съезде Ассоциации химических обществ, а затем, осенью 1912 г. в Нью-Йорке, на VIII Международном съезде по прикладной химии. Здесь, при избрании места съезда и президента будущего IX съезда, он, как бывший президент, принял решающее участие, отдав свой авторитетный голос в пользу России и русских ученых»⁹ [13, стр. 125].

В 1914—1916 гг. Рамзай на страницах известных английских журналов и газет опубликовал ряд статей со сравнительным анализом состояния английской и немецкой промышленности, науки, образования, методов, применяемых в торговле, и т. д.

В передовой статье в «Nature» от 12 ноября 1914 г. Рамзай рассмотрел вопрос о месте науки в промыш-

⁹ «Когда я,— писал П. И. Вальден,— передал сэру Вильяму приглашение организационного комитета на этот съезд и просьбу выступить в Петрограде на одном из торжественных заседаний с речью, он не только охотно согласился, но и выразил свою искреннюю радость по этому поводу, ибо этот случай сулил ему исполнение давнишней его мечты: побывать в России и собственными глазами видеть Москву, Волгу, русскую степь и русскую деревню» [13, стр. 126].

ленности. Он указывал, что для того, чтобы стали ясными причины успехов Германии, необходимо прежде всего уяснить, что в этой стране в промышленные и торговые отношения привнесены те же методы концентрации, серьезности и скрупулезности, которые характерны и для других сторон ее жизни. Рамзай объяснял успех немцев главным образом тесной кооперацией между наукой и промышленностью.

По мнению ученого, важной особенностью развития немецкой промышленности является активная поддержка немецких предпринимателей правительством. При этом он цитирует высказывание прусского министра торговли, сделанное в июле 1912 г.: «Политика правительства Германии заключается в том, чтобы помогать промышленникам путем сохранения высоких импортных пошлин и, наоборот, низких пошлин на товары немецкого экспорта». Рамзай призывал далее английских промышленников перенимать лучшие идеи у немецких конкурентов. Например, в Германии правление директоров компании, как правило, состоит из специалистов с большим промышленным опытом, что позволяет эффективно внедрять научные открытия и изобретения как в самой Германии, так и за ее пределами. В самой компании, как правило, имеется большой штат специалистов, способных довести открытие до промышленного применения. Компания располагает юристами, которые осуществляют защиту патентов и добиваются усовершенствования процессов... Во всем мире существуют агентства, занимающиеся рекламой и распространением немецких товаров... Торговля по существу рассматривается Германией как форма войны, в которой ради победы допускается применять все средства» [14].

В декабре 1914 г. Рамзай опубликовал статью «Немецкие методы в торговле» [15]. В основном содержание работы заключалось в следующем. Немецкая военная организация имеет своего аналога в виде торговой организации. Существует Имперский совет, который занимается изучением всей доступной статистики. Совет регулирует систему взимания пошлин, внедряя их там, где это необходимо, и наоборот — отказываясь от них в зависимости от конкретных случаев.

Рамзай считал, что если будущее Германское государство будет в состоянии вести промышленную вой-

ну, то Англия должна противодействовать ей путем организованной акции британской нации, т. е. государства. Если это будет достигнуто, то надо будет учесть, что коммерция носит дух сотрудничества, а не конкуренции. Процветание должно быть не только в интересах Англии, но также в интересах других дружественных наций [15].

В течение 1915 г. Рамзай пытался убедить правительство объявить запрет на продажу Германии хлопка, жиров и масел. Так, 17 июня Рамзай опубликовал в журнале «Nature» статью о значении хлопка для германской армии [16]. В этой статье Рамзай выразил надежду, что с назначением Ллойда Джорджа военным министром будут предприняты меры к тому, чтобы положить конец экспорту в Германию (прямо или косвенно — через Швецию, Данию и Голландию) хлопчатобумажных тканей. Количество хлопка, продаваемого Германии, резко увеличилось с момента начала войны в связи с возросшими потребностями армии. Английское правительство было полностью информировано о положении дел, однако поставки хлопка в Германию не сократились, что было вызвано давлением со стороны США, которые в то время еще не участвовали в войнах и были заинтересованы в продаже товаров всем воюющим странам.

30 декабря 1915 г. появилась статья Рамзая о научной организации работы промышленности. Фактически эта работа была рефератом статьи, опубликованной ранее в «Бюллетене поддержки национальной промышленности». В статье описывалась работа комитета, образованного под эгидой министерства образования. Комитет представлял собой в зародыше будущий Департамент научных и промышленных исследований. Рамзай указывал, что идея заслуживает всяческой поддержки, однако не следует забывать, что главное заключается в том, чтобы результаты научных исследований способствовали ускорению производства военной техники.

16 января 1916 г. была опубликована работа Рамзая «Германские цели и методы» [17]. Она представляет собой своего рода обзор парламентских дебатов, состоявшихся 10 января по вопросу вовлечения в войну с Германией английских колоний. Предложение об участии в войне колоний было сделано депутатом парламента

Хьюнсом, который заявил, что Германия не делает различий между торговой и военной политикой и что по отношению к ней должны быть применены более жесткие меры. Статья Рамзая была остро полемической и в ней помимо других вопросов снова подчеркивалась необходимость ограничения поставок в Германию хлопка и жиров.

Взгляды, высказывавшиеся Рамзая в последние годы его жизни, нашли наиболее полное выражение в шести статьях, написанных им для газеты «Daily Dispatch» в январе — феврале 1916 г. Впоследствии эти статьи были изданы в виде отдельного сборника под названием «Германская военно-коммерческая машина. Причины ее эффективности и методы противодействия» [12]. Сборник открывается статьей, посвященной вопросам постановки образования в Германии. Автор утверждает, что в Германии в качестве основы системы образования принят фундаментальный принцип, согласно которому каждый немец получает образование, **соответствующее** его социальным условиям жизни. Например, дети рабочих получают подготовку, достаточную для овладения впоследствии одной из рабочих профессий, а представители торговых классов «предоставляют своему молодому поколению возможности освоить тонкости коммерческой работы». Случаи взаимосвязи между социальными прослойками исключительно редки.

Подготовка специалистов по прикладным дисциплинам, как правило, осуществляется в **технических вузах**, в то время как исследователи и будущие ученые получают образование в университетах. Если преподаватель университета имеет перед собой необъятное поле для исследовательской работы и сам выбирает тематику научной работы, то преподаватель технического вуза вынужден в большинстве случаев ограничивать себя работой по усовершенствованию уже известных процессов. По мнению ученого, научный прогресс, как правило, обуславливается работой университетов и крайне редко — работой, проводящейся в технических вузах.

Рамзай далее отмечает, что недостатком немецкой системы образования является подготовка специалистов излишне узкого профиля, зачастую имеющих довольно смутное представление не только о смежных дисциплинах, но даже об областях, непосредственно примыкаю-

щих или связанных с объектом их исследования. По его мнению, если в старые времена, когда отдельные дисциплины еще не были достаточно хорошо разработаны, такая система образования была в какой-то мере оправданной, то сейчас, когда наука расширила свои границы, существующее положение становится тормозом и приводит к падению научной инициативы.

Рамзай иллюстрирует сложившееся положение следующим, весьма любопытным примером. «Один из моих друзей должен был продемонстрировать в Германии изобретенный и сконструированный им самим прибор. К сожалению, во время поездки отдельные части аппарата отпаялись. Когда мой друг заявил, что сам отремонтирует свой собственный аппарат, это вызвало неподдельное изумление со стороны присутствовавшей аудитории. Более того, вскоре выяснилось, что в крупном техническом колледже практически невозможно найти паяльный прибор и кусочек олова, которые были необходимы для починки прибора... Несколько моих студентов обучались в технических колледжах. Их мастерство в стеклодувном деле постоянно вызывало величайшее удивление и восхищение. Ни один немец не конструирует изобретенный им прибор: он вызывает для этого профессионального стеклодува. Профессор химии иллюстрирует свои лекции при помощи кинематографа» [15].

Рамзай приходит к выводу, что неспособность научного работника собрать своими руками или даже спроектировать необходимый ему прибор является большим недостатком системы образования, принятой в Германии, так как в результате «ученый легко может уподобиться простому рабочему, что является следствием слишком высокой специализации».

Следующая статья сборника целиком посвящена проблемам постановки образования в Англии. Основное содержание этой работы Рамзая уже изложено нами в начале этой главы. Следует добавить, что тщательно анализируя английскую систему образования, Рамзай неоднократно возвращался к немецкой системе, постоянно сопоставляя и выясняя преимущества и недостатки обеих систем. «Целью немецкой структуры было создание эффективной машины, в которой научными знаниями располагают преимущественно лица, стоящие не у

власти и где «руки» четко и недвусмысленно отделены от «головы»... «Мы на горьком опыте поняли, насколько эта система эффективна в войне и насколько успешна в торговле» [3].

В то же время несомненной положительной чертой английской науки является, по мнению Рамзая, характерный для нее дух коллективизма.

25 января 1916 г. в газете «Daily Dispatch» появилась очередная статья Рамзая, также вошедшая в сборник под названием «Чем мы обязаны современной науке?» По своему содержанию и публицистическому пафосу эту статью следует рассматривать как логическое продолжение анализа состояния и перспектив науки, начатого Рамзая в рассмотренных выше статьях о проблемах образования. В ней дана краткая характеристика уровня развития современной ему науки; в частности, в ней указывается, что наиболее очевидные практические результаты были достигнуты в следующих областях: 1) Механика и гидравлика. «Наши железные дороги, заводы, наши пароходы и самолеты,— пишет Рамзай,— все это осязаемые плоды практического развития этих наук». 2) Электричество и магнетизм. «Эти науки дали нам телеграф и телефон, а с недавнего времени мы получили возможность связи путем распространения волн. Скоро окажется возможным организовать беспроводную телефонную связь. Этим наукам мы также обязаны появлению электрического света и возможности передачи энергии на дальние расстояния».

Развитие другой области физики — оптики — привело к появлению фотографии и кинематографии, а также микроскопа, явившегося незаменимым инструментом для работ, например, в области бактериологии. Далее Рамзай останавливается на развитии химии, которая в то время меньше, чем физика, привлекала внимание общественности, но «результаты влияния которой на наше окружение вряд ли являются менее впечатляющими». «Мы обязаны химикам,— пишет Рамзай,— появлению стали и железа, производством меди, алюминия и других металлов. Наши газовые заводы и каменноугольные печи доставляют нам необходимое сырье для выработки красителей и лекарств. Искусственные материалы, прочные и красивые, как шелк, также появились в результате работы химиков, так же как и со-

временный метод производства бумаги. Взрывчатые вещества, без которых невозможна работа строителя, изобретены химиком. Сравнительно недавно в результате нового метода отверждения масел на рынке появились чистые безвкусные и бесцветные искусственные жиры, которые служат отличным сырьем для производства искусственного масла. Производство стекла, фарфора, искусственных камней, цемента, бетона,— все это плоды химии. Мы должны быть благодарны этой науке за дешевый сахар, искусственные удобрения, пиво и спирты. Короче говоря, вряд ли можно найти область современной промышленности, которая в той или иной степени не зависела бы от химии».

Рамзай далее с сожалением пишет, что на фоне столь блестящих и многочисленных примеров практических достижений и пользы, которые наука принесла обществу, ему приходится быть свидетелем того, что английское правительство не только не оказывает активной поддержки ученым, а наоборот во многих случаях сопро-тивляется прогрессивным начинаниям.

И здесь Рамзай опять не может удержаться от параллелей с наукой в Германии, констатируя, что преимущество немецкой школы заключается в практическом использовании научных открытий. «Хотя немцы и показали себя способными к крупным научным открытиям (достаточно привести имена Гельмгольца, Герца, Либиха, Бунзена), однако их настоящий гений заключается в способности проводить терпеливую систематическую работу и доводить открытие до логических результатов. Предположим, что у промышленника возникает задача выйти на рынок с определенным красителем; немедленно организуются систематические целестреmlенные исследования, испытываются все возможные комбинации и несмотря на отдельные неудачи все вознаграждается в конце концов полученным результатом».

Следующая глава сборника «Цели и методы германской атаки» содержит подробную характеристику немецкой промышленности, которая, по мнению Рамзая, является образцом организованности и эффективности. «Руководство промышленными предприятиями находится в Германии в руках квалифицированных людей, а не любителей». Многие промышленные товары продаются в

других странах по ценам более низким, чем в самой Германии. Таким образом создается «демпинг», который, по мнению ученого, являлся одним из самых основных и острых орудий немецкой коммерческой машины.

Немецкий закон о патентах также всемерно поддерживает и защищает изобретения, сделанные в Германии, и каждая крупная фирма находит возможным иметь собственного специалиста по патентам. Государство активно поддерживает немецких промышленников, что выражается в хорошо продуманной и организованной системе субсидий и займов, выдаваемых немецкими банками,

Положению в английской промышленности посвящена пятая глава сборника «Недавние британские попытки найти применение в науке».

В этой главе подробно описана работа различных комитетов, призванных улучшить работу английской промышленности. Рамзай с горечью отмечает неразбериху и неорганизованность, царившую в это трудное военное время в английских министерствах. «Дело дошло до парадоксального явления,— пишет Рамзай,— стало ясно, что мы снабжаем наших врагов военным снаряжением и продовольствием: проще говоря наше правительство делает все, чтобы продлить эту войну. Мы фактически проводим политику самоубийства и самое страшное — это то, что эта политика распространяется на наших союзников и затрагивает их жизнь и собственность. Нашей ближайшей задачей является победа, однако нельзя забывать, что в то же время мы должны быть готовы к защите от немецкого посягательства на нашу торговлю и промышленность. Эта атака будет беспощадной и будет вестись с таким же цинизмом, как военные действия, которые Германия ведет на полях битвы».

В своей последней статье из описываемого цикла, опубликованной 7 февраля 1916 г. под названием «Как противостоять германской агрессии?», Рамзай выступает с рядом практических предложений по реорганизации английских министерств.

В приведенных выше выступлениях высоко звучала патриотическая нота. Ученый с юношеским пылом и вниманием следил за военными событиями. Своим друзьям он писал, что все его мысли и силы прикованы к

войне. В то время он считал своей первостепенной задачей служить делу обороны страны.

Подобно Рамзау, другие английские ученые были также резко настроены против Германии и ее методов ведения войны¹⁰. Публичные выступления и суждения Рамзая по политическим вопросам зачастую были, однако, весьма импульсивными и порой наивными. Он высказывал, порой, резкие суждения в вопросах, далеких от его специальности.

¹⁰ Так, Э. Резерфорд 1 июня 1915 г. писал С. Аррениусу [18]:

«Мой дорогой Аррениус,

Мне было очень приятно увидеть Ваше имя среди подписей под протестом Ваших соотечественников против методов войны, применяемых Германией. Я вполне отдаю себе отчет, что нужно большое мужество, чтобы подписать такой протест в настоящее время, так как это может повлечь за собой разрыв отношений с многими нашими друзьями на континенте. Я, однако, чувствую, что если нейтральный мир не будет протестовать, то немцы будут все чаще и чаще применять различные методы убийства несражающихся лиц в качестве своего главного приема ведения войны...

Германия будет применять любой метод ведения войны, хотя бы и варварский. Это наглядно подтверждается примененными ею недавно приемами, как пуск газа в окопы и потопление Лузитании. Они уже отравили воды в Южной Африке и, по-видимому, делают то же во Франции. Я жду от них еще худших вещей в будущем. Насколько я разбираюсь в английском общественном мнении, мне кажется, что независимо от исхода войны, всякие социальные и научные отношения с Германией будут практически порваны для всего нашего поколения. Единственным результатом таких методов будет усиленное пополнение рядов сражающихся, дальнейшее вооружение наших людей в окопах и решимость всей страны довести Германию до истощения...

Восемь человек из моей лаборатории призваны, и сейчас или находятся на фронте, или проходят обучение, а некоторые уже совсем готовы отправиться, как только будет полностью закончена их экипировка...

Несколько дней тому назад я ездил в Кембридж и Лондон и нашел Дж. Дж. Томсона примерно в том же настроении, как и обычно. Все, конечно, несколько подавлены, потому что их мальчики или на фронте, или на пути к нему. У меня зять в Дарданеллах, и я знаю многих новозеландцев, которые там сражаются. Им пришлось довольно жарко, но они, по-видимому, вполне верят в достижение своей цели. Между Германией и Америкой создалось весьма необычное положение, но с нашей точки зрения вовсе нежелательно, чтобы США вмешались в борьбу. Они могут быть для нас гораздо позднее в качестве симпатизирующей и производящей нейтральной страны.

Искренне Ваш

Э. Резерфорд».

Заключение

При всем разнообразии оттенков и эмоциональных полутонов, особенно характерных для высказываний ближайших соратников и друзей В. Рамзая, можно выделить общее мнение: в истории химии Рамзаю принадлежит достойное место среди выдающихся ученых, обогативших науку крупными открытиями. Он воплощал в себе прекрасный образец ученого, сочетавшего в одном лице теоретика физико-химика и тонкого экспериментатора. Его блестящие открытия явились основой последующего развития многих областей современной химии.

Важнейшим в теоретическом отношении результатом открытия благородных газов было укрепление периодической системы химических элементов. В свою очередь периодический закон послужил прочным фундаментом, на который опирался ученый в своих исследованиях. Именно на его основе он предсказал существование химического элемента — неона. Рамзай по праву считается одним из «укрепителей периодического закона».

В своем учебнике «Система неорганической химии» Рамзай систематизировал и изложил материал на основе периодического закона.

В лекциях и публичных выступлениях ученый часто обращался к этому фундаментальному закону природы.

Своими работами по газам, выполненными «под занавес» XIX века, Рамзай как бы завершил целый исторический период развития химии газов.

На долю ученого выпала историческая миссия закончить изучение состава атмосферы. Он оказался, та-

ким образом, достойным наследником своих выдающихся соотечественников Мэйова и Блэка, Кавендиша и Пристли и фактически завершил начатые ими исследования воздуха.

Итак, Рамзая вполне можно было бы назвать представителем классической химии XIX в. Однако расцвет научной деятельности ученого совпадает с чрезвычайно интересным и важным периодом в истории естествознания — революцией в области физики на рубеже XIX—XX вв. Увлекаемый водоворотом событий и словно повинувшись велению современности, Рамзай присоединяется к рядам «революционеров» — физиков и физико-химиков. Своими выдающимися работами по изучению превращения радия в гелий он прокладывает путь к выяснению явления радиоактивности, природы строения атома и становится одним из родоначальников радиохимии. Именно ему удалось перевернуть первые страницы этой науки.

Для Рамзая характерно тонкое научное чутье, настойчивость в проверке смелых гипотез, умение ставить изящные опыты и преодолевать экспериментальные трудности. При этом всегда рядом с мыслителем, наделенным богатой научной фантазией, уводящей порой далеко от столбовой дороги науки, шел большой мастер экспериментального искусства, маг точных измерений. По словам П. И. Вальдена, «его искусство в изобретении и конструкции приборов, обработке кварца и металлов, вообще вся его техника при постановке и производстве опытов, при его исследованиях и измерениях, — все это отличалось тонкостью и точностью и вызывало восхищение каждого химика» [1].

Характерной особенностью Рамзая как исследователя была его наблюдательность и острота восприятия явлений и фактов, изучавшихся им самим и другими учеными. Так, открытие аргона и изучение механизма образования гелия из радия явились результатом критического переосмысливания работ Кавендиша, Рэлея, Резерфорда. Незначительные отклонения от общих закономерностей, выявившиеся в указанных работах, было легко принять за ошибки эксперимента, но для Рамзая они явились исходным пунктом целой программы исследований, завершившихся выдающимися открытиями.

Он проявлял глубокий интерес к истории науки, ко-

торая рассматривалась им главным образом с точки зрения преемственности идей, восприятия прошлого опыта. Ярким примером практического воплощения такого рода преемственности явилась уже упоминавшаяся историческая линия Кавендиш—Рамзай: наблюдения, сделанные в конце XVIII в. одним из родоначальников химии газов, приносят спустя более 100 лет плоды в работах его соотечественника.

По истории химии Рамзай написал ряд книг, из которых должны быть упомянуты «Газы атмосферы», «Исторические очерки» и написанная незадолго до смерти «Жизнь Джозефа Блэка».

Не подлежит никакому сомнению, что выдающиеся открытия Рамзая стали возможны прежде всего потому, что ученый оказался как бы на гребне «научной волны» конца прошлого и начала настоящего века. Немалую роль, однако, сыграл и субъективный фактор, и, прежде всего, исследовательский талант и необычайная трудоспособность ученого.

Послушаем, например, красочную характеристику, написанную в 1916 г. Фредериком Содди: «Рамзай был олицетворением оригинальности, он был уникальной личностью... В зените своей власти в университетском колледже и в расцвете работы над инертными газами он бесстрашно и безошибочно шествовал трудной дорогой первооткрывателя и завоевал себе право на нечто большее, чем простой титул успешного изобретателя» [2].

И далее:

«... Он был гениален, велик и в то же время доступен — каждое из перечисленных качеств уже являлось ключом к сердцу студента и Рамзай полностью оправдал это доверие и любовь».

Этим словами мы и хотим закончить нашу книгу о жизни и деятельности замечательного ученого.

Цитированная литература

I

1. Бокль. История цивилизации в Англии, т. II. СПб., 1864.
2. Г. Спенсер. Соч., т. II. Ответы научные, философские и политические. СПб., 1899.
3. У. Рамсей — В. Оствальд. Из истории химии. СПб., 1909.
4. W. Tilden. Sir William Ramsay. London, 1918.
5. M. W. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.
6. Г. В. Кауффман. Предшественники и последователи Д. И. Менделеева в США.— Вопросы истории естествознания и техники, 1969, вып. 4 (29).
7. Архив В. Рамзая, Лондон.
8. У. Рамсей — В. Оствальд. Популярно-научные очерки. Пг., 1920.
9. W. Ostwald. Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Berlin, 1927, Bd. II.
10. П. И. Вальден. Памяти сэра Вильяма Рамзая.— Сб. «Наука и жизнь», ч. II, Пг., 1919.
11. Д. И. Менделеев. Периодический закон. М., Изд-во АН СССР, 1958.
12. Д. И. Менделеев. Основы химии. Изд. 7. СПб., 1903.
13. А. А. Макареня, И. Н. Филимонова. Д. И. Менделеев на съезде Британской ассоциации в 1887 г.— Вопросы истории естествознания и техники, 1967, вып. 22.
14. А. А. Макареня. Научные контакты Д. И. Менделеева с зарубежными химиками.— Вопросы истории естествознания и техники, 1969, вып. 4 (29).
15. Архив Д. И. Менделеева, т. 1. Л., 1951.
16. Т. В. Волкова. Письма В. Рамзая к Д. И. Менделееву.— Природа, 1946, № 5.
17. Письмо У. Рамзая И. И. Боргману.— Вопросы истории естествознания и техники, 1969, вып. 4 (29).
18. W. Ramsay. A System of Inorganic Chemistry. London, 1891.
19. W. Ostwald. Z. phys. Chem., 1897, Bd. 22, (реферат).
20. Н. И. Родный, Ю. И. Соловьев. Вильгельм Оствальд. М., «Наука», 1969.
21. Nobel Lectures. Chemistry, 1901—1921. Elsevier, 1966.
22. В. Рамзай. Введение в изучение физической химии. Одесса, 1910.
23. В. Рамзай. Элементы и электроны. М., 1913.
24. W. Ostwald. Z. phys. Chem., 1905, Bd. 53 (реферат).
25. W. Ramsay. The electron as an element.— J. Chem. Soc., 1908, v. 93, p. 774—788; см. также: В. Рамзай. Электрон, как элемент.— Сб. «Новые идеи в химии». СПб., 1917, № 7, стр. 1—28.
26. В. Нернст. Химическая теория электричества.— «Физическое обозрение», 1903, т. 4, № 2.
27. W. Ramsay. A hypothesis of molecular configuration in dimensions of space.— Proc. Roy. Soc., 1916, ser. A, v. 92, p. 451—462.

II

1. Д. И. Менделеев. Научный архив, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1953.
2. T. Andrews. On the continuity of the gaseous and liquid states of matter.—Phil. Trans. Roy. Soc., 1869, v. 159, p. 575—590; русск. перевод: Т. Эндрюс. О непрерывности газообразного и жидкого состояний вещества. М.—Л., 1933.
3. А.Я. Купнис. Развитие химической термодинамики в России. М.—Л., «Наука», 1964, стр. 264—283.
4. Д. И. Менделеев. Основы химии. СПб., 1903.
5. W. Ramsay, S. Young. Some thermodynamical relations.—Phil. Mag., 1885. Series V, v. 20, p. 515—531; 1886, v. 21, p. 33—51, 135—141; 1886, v. 22, p. 32—40.
6. Т. В. Волкова. Письма В. Рамзая к Д. И. Менделееву.—Природа, 1946, № 5.
7. W. Ramsay, S. Young. On the vapour-pressures of bromine and iodine and on iodine mono chloride.—J. Chem. Soc., 1886, v. 49, p. 453—462.
8. В. Нернст. Теоретическая химия с точки зрения закона Авогадро и термодинамики. СПб., 1904.
9. W. Ramsay, S. Young. On evaporation and dissociation. Part II.—Phil. Trans., 1886, v. 177, p. 123—156. (A Study of the thermal properties of alcohol.)
On evaporation and dissociation. Part III. A Study of the thermal properties of ethyl-oxide.—Phil. Trans., 1887, Ser. A, v. 178, p. 57—93.
On evaporation and dissociation. Part IV. A Study of the thermal properties of acetic acid.—J. Chem. Soc., 1886, v. 49, p. 790—812.
On evaporation and dissociation. Part V. A Study of the thermal properties of methyl-alcohol.—Phil. Trans., 1887, Ser. A. v. 178, p. 313—334.
On evaporation and dissociation. Part VI. On the continuous transition from the liquid to the gaseous state of matter at all temperatures.—Phil. Mag., 1887, 5 th Ser., v. 23, p. 435—458; v. 24, p. 196—212.
10. W. Ramsay, S. Young. The Decomposition of Ammonia by Heat.—J. Chem. Soc., 1884, v. 45, p. 88—93.
11. Nobel Lectures. Chemistry, 1901—1921. Amsterdam — London — New York, 1966.
12. Ю. Либих. Письма о химии. СПб., 1861.
13. W. Ramsay. The molecular weights of the metals.—J. Chem. Soc., 1889, v. 55, p. 521—536.
14. L. Eötvös. Wied. Ann., 1886, Bd. 27, S. 452.
15. M. W. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1965.
16. W. Ramsay, J. Shields. The molecular complexity of liquids.—J. Chem. Soc., 1893, v. 63, p. 1089—1109.
17. Г. Джонс. Основы физической химии. СПб., 1911.
18. W. Ostwald. Lebenslinien. Eine Selbstbiographie, Bd. II. Berlin, 1927.
19. W. Ramsay. A System of Inorganic Chemistry. London, 1891.
20. С. Пикеринг. Современное положение гидратной теории растворов.—ЖРФХО, 1890, т. 22, вып. 9, отд. II.

21. Цит. по кн.: Ю. И. Соловьев. История учения о растворах. Изд-во АН СССР, 1959.
22. Архив Аррениуса, Стокгольм.

III

1. G. Wilson. Life of the Noble Henry Cavendish, including Abstracts of his more important Scientific Papers, and a critical inquiry into the claims of all the alleged Discoverers of the composition of Water. London, 1851.
2. M. W. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.
3. The Scientific Papers of Lord Rayleigh. Cambridge, v. 1—6, 1899—1920.
4. D. Rayleigh. On the Relative Densities of Hydrogen and Oxygen.—Proc. Roy. Soc. (London), 1888, v. 43. p. 356—363; Nature, 1892, v. 46, p. 101—104.
5. D. Rayleigh. Letter to the Editor. Sept. 24, 1892.—Nature, 1892, v. 46.
6. R. Rayleigh. Life of Lord Rayleigh. London, 1921.
7. В. Оствальд. История электрохимии. СПб., 1911.
8. Sir J. Dewar (1842—1923).—Proc. Roy. Soc., Ser. A, 1926, v. III, N 759.
9. У. Рамсей — В. Оствальд. Популярно-научные очерки. Пр., 1920.
10. У. Рамсей — В. Оствальд. Из истории химии. СПб., 1909.
11. W. Ramsay. The Gases of the Atmosphere, the History of Their Discovery. London, 1896; 4 изд., 1915.
12. Lord Kelvin. Chem. News, 1894, v. 70.
13. Э. Н. Губерт. Замечания по поводу открытия аргона. Первый благородный газ.—Сб. «Соединения благородных газов». М., Атомиздат, 1965, стр. 14—37.
14. W. Crookes. Chem. News, 1895, N 1836, p. 58; реферат: ЖРФХО, 1895, т. 27, вып. 1, отд. II, стр. 14.
15. K. Olszewski. Chem. News, 1895, N 1836, p. 59; реферат: ЖРФХО, 1895, т. 27, вып. 1, отд. II, стр. 15.
16. D. Rayleigh, W. Ramsay. Argon: a New Constituent of the Atmosphere.—Phil. Trans., 1895, Ser. A, v. 186 p. 187.
17. Архив Рамзая, Лондон.
18. Lord Rayleigh, W. Ramsay. «Argon», ein neuer Bestandteil der Atmosphäre.—Z. phys. Chem., 1895, Bd. 16, S. 344—368.
19. W. Tilden. Sir William Ramsay. London., 1918.
20. А. Келлас. Содержание аргона в выдыхаемом воздухе.—ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 9, отд. II, стр. 236—237.
21. P. Janssen. Compt. rend., 1868, v. 67, p. 838—839.
22. E. Frankland, H. Lockyer. Proc. Roy. Soc., 1870, v. 18, Ser. A, p. 354.
23. В. Кеэзом. Гелий. М., ИЛ, 1949; см. также: С. В. Альшулер. Когда же был открыт гелий?—Природа, 1968, № 9.
24. Compt. rend., 1869, v. 68, p. 420—421.
25. W. F. Hillebrand. Amer. J. Sci., 1890, v. 40, p. 384; см. также: С. Е. Уотерс. William Fransis Hillebrand.—Science, 1925, v. 61, p. 251—253.
26. В. Рамзай. Благородные и радиоактивные газы. Одесса, 1909.
27. W. Ramsay. Terrestrial Helium (?).—Nature, 1895, v. 51, p. 512; Discovery of Helium.—Chem. News, 1895, v. 71, p. 151; см. также:

- В. Рамзай, М. Траверс.* О гелии.— Горный журнал, 1896, т. 2, № 4.
28. *W. Crookes.* The Spectrum of the Gas from Cleveite.— Chem. News, 1895, v. 71, p. 151; The Spectrum of Helium.— Chem. News, 1895, v. 72, p. 87—89.
 29. *W. Ramsay.* On a gas showing the spectrum of Helium, the reputed cause of D₃, one of the lines in the coronal spectrum.— Proc. Roy. Soc., 1895, v. 58, p. 65—67.
 30. *A. Langlet.* On the atomic weight of Helium.— Chem. News, 1895, v. 72, p. 259; *Z. anorg. Chem.*, 1895, Bd. 10, S. 287.
 31. *W. Ramsay M. Travers.* Proc. Roy. Soc., 1904, v. 67, p. 329.
 32. *W. Ramsay, I. Collie, M. Travers.* Helium, a constituent of certain minerals.— Nature, 1895, v. 52, p. 311, 331—334.
 33. *H. Kayser.* Chem. Ztg., 1895, Bd. 19, S. 1549.
 34. *G. Stoney.* Chem. News, 1895, v. 71, p. 67.
 35. *S. Friedländer.* Ueber Argon.— *Z. phys. chem.*, 1896, Bd. 19, S. 657; *W. Crookes.* Chem. News, 1898, v. 78, p. 198.
 36. *D. Rayleigh, W. Ramsay.* Proc. Roy. Soc., 1896, v. 59, p. 198; v. 60, p. 206.
 37. *В. Рамзай, И. Колли.* Об однородности аргона и гелия.— ЖРФХО, 1896, т. 28, вып. 8, отд. II, стр. 127—128.
 38. *В. Рамзай, И. Колли.* Гелий и аргон.— ЖРФХО, 1896, т. 28, вып. 9, отд. II, стр. 181.
 39. *W. Ramsay, I. Collie.* Helium and Argon. Experiments which show the Inactivity of these Elements.— Nature, 1896, v. 54, p. 143 (June 11); Chem. News, 1896, v. 73, p. 259—260 (June 5).
 40. *W. Ostwald.* *Z. phys. Chem.*, 1896, Bd. 21, S. 683 (реферат).
 41. *Т. И. Чернышева.* Гелий. Историко-библиографический очерк. Л., Научн. хим.-тех. изд-во, 1926.
 42. *В. Рамзай.* Неоткрытый газ.— ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 8, отд. II.
 43. *В. Рамзай, М. Траверс.* Аргон и его спутники.— ЖРФХО, 1901, т. 33, вып. 1, отд. II.
 44. *M. Travers.* The Discovery of the Rare Gases, 1928.
 45. *W. Ramsay.* Argon and its Companions.— Phil. Trans., 1901, Ser. A, v. 197, p. 47—89.
 46. *К. Винклер.* Открытие новых элементов за последние двадцать пять лет.— ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 3, отд. II.
 47. *E. A. Hill.* Argon-Prout's Hypothesis and the Periodic Law.— Amer. J. Sci., 1895, (3), v. 49, p. 405—417.
 48. *W. Preyer.* Ber., 1895, Bd. 29, S. 1040; см. реферат. *В. Прейер.* Аргон и гелий в системе элементов.— ЖРФХО, 1896, т. 28, вып. 5, отд. II, стр. 82.
 49. *А. Пиччини.* Периодическая система элементов Менделеева и новые составные части атмосферы — ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 4, отд. II.
 50. *Б. Браунер.* Газы группы аргон — гелий и периодическая система.— ЖРФХО, т. 31, вып. 4, отд. II.
 51. Chem. News, 1895 (1 Feb.), p. 58; ЖРФХО, 1899, т. 31, отд. II, стр. 80.
 52. Nature, 1895, v. 51, (Feb. 7).
 53. *Д. И. Менделеев.* Периодический закон. М., Изд-во АН СССР, 1958.
 54. *С. В. Альтшулер.* О природе «инертных» газов.— Природа, 1965, № 2.

55. Ю. Томсен. О предполагаемой группе инактивных элементов.— *Z. anorg. Chem.*, 1897, Bd. 9, S. 285; см. реферат: ЖРФХО, 1897, т. 29, вып. 2, стр. 50.
56. В. Крукс. О положении гелия, аргона и криптона в системе элементов.— ЖРФХО, 1899, т. 31, вып. 4, отд. II.
57. W. Ramsay. The Position of Argon and Helium among the Elements.— *Chem. News*, 1896, v. 73.
58. W. Ramsay. The Recently Discovered Gases and Their Relation to the Periodic Law.— *Science*, 1899, v. 9, p. 273—280; *Ber.*, 1898, Bd. 31, S. 3111—3121.
59. Ф. Астон. Масс-спектры и изотопы. М., ИЛ, 1948.
60. В. Рамзай. О новооткрытых газах и об отношении их к периодическому закону.— ЖРФХО, 1899, т. 31, отд. II.
61. В. Рамзай. Основная проблема. Открытие новых газов в атмосфере.— Сб. «Успехи химии». Одесса, 1912.
62. В. И. Семишин. Инертные газы и периодический закон. Д. И. Менделеева.— *Вопросы истории естествознания и техники*, 1963, вып. 1 (26).
63. Н. Бор. Три статьи о спектрах и строении атомов. М.— Пг., ГИЗ, 1923, стр. 76.
64. E. Stoner. *Phil. Mag.*, 1924, (6), v. 48, p. 719.
65. А. Бернард. Теоретические основы неорганической химии. М., «Мир», 1968, стр. 103; Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон. Современная неорганическая химия. М., «Мир», 1969, стр. 454—463.
66. L. Pauling. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1933, v. 55, p. 1895.
67. P. Villard. *Compt. rend.*, 1895, v. 123, p. 377.
68. Б. А. Никитин. Докл. АН СССР, т. 24, вып. 6, стр. 564—567; Ж. общ. химии, 1939, т. 9, вып. 13, стр. 1167, 1176; Изв. АН СССР, ОХН, 1940, № 1, стр. 39.
69. Р. С. Брэдли. Соединения инертных газов.— *Sci progr.*, 1936, v. 31, p. 282—286; *Успехи химии*, 1937, т. IV.
70. N. Bartlett. *Proc. Chem. Soc.*, 1962, p. 218.
71. H. Claassen et al. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1962, v. 84, p. 3593.
72. J. Weeks et al. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1962, v. 84, p. 4612.
73. A. Crosse et al. *Science*, 1963, v. 139, p. 1047.
74. Сб. «Соединения благородных газов». М., Атомиздат, 1965.
75. К. Винклер. Распространенность элементов и их техническое значение.— ЖРФХО, 1899, т. 31, отд. II.
76. Д. Н. Финкельштейн. Инертные газы. М., Изд-во АН СССР, 1961.
77. H. P. Cady, D. F. Mc Farland. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1907, v. 29, p. 1523.
78. В. А. Соколов. Гелий и другие редкие газы, их добыча и применение. М.— Л., Гос. науч.-техн. нефт. изд-во, 1933.
79. М. П. Малков, В. Н. Алексеев, А. Л. Козлов. Технология гелия и других редких газов. Л., Гос. научно-техн. изд-во хим. лит., 1940.
80. G. Cook. Argon, Helium and the Rare Gases. Interscience Publishers, 1961.

IV

1. О. А. Старосельская-Никитина. История радиоактивности и возникновения ядерной физики. М., Изд-во АН СССР, 1963.
2. У. Рамсей — В. Оствальд. Из истории химии. СПб., 1909.
3. E. Rutherford, F. Soddy. *Phil. Mag.*, 1902 (6), v. 4, p. 370, 378, 569; *J. Chem. Soc.*, 1902, v. 81, p. 321, 837.

4. Э. Резерфорд. Периодический закон и его интерпретация.— Вопросы истории естествознания и техники, 1969, вып. 4 (29).
5. Д. Данин. Резерфорд. М., «Молодая гвардия», 1967.
6. M. W. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.
7. W. Ramsay, F. Soddy. Experiments in Radio activity, and the production of Helium from Radium.— Nature, Aug. 13, 1903; Proc. Roy. Soc., 1903, A. v. 72, p. 204; см. также: В. Рамзай, Ф. Содди. Получение гелия из радия.— «Физическое обозрение», 1903, стр. 253—256.
8. Архив В. Рамзая, Лондон.
9. E. Rutherford, J. Royds. Phil. Mag., 1909, (6), v. 17; см. русский перевод: Э. Резерфорд, Т. Ройдс. Природа α -частиц, излучаемых радиоактивными веществами.— Сб. «Новые идеи в химии». СПб., 1914, № 4.
10. ЖРФХО, 1903, т. 35, ч. хим (протокол).
11. W. Ramsay, F. Soddy. Further experiments on the Production of Helium from Radium.— Proc. Roy. Soc., 1904, v. 73, p. 346—358.
12. Ф. Содди. Радий и его разгадка. Л., 1924.
13. В. Рамзай. Элементы и электроны. М., 1913.
14. В. Рамзай. Благородные и радиоактивные газы. Одесса, 1909.
15. Nature, 1907, v. 76, p. 269; Phys. Z., 1907, Bd. 8, S. 521.
16. J. Chem. Soc., 1907, v. 91, p. 1593.
17. W. Ramsay, A. Cameron. Jahrb. für Radiogktivität, 1907, Bd. 4, S. 253.
18. В. Марквальд. Радиоактивность.— ЖРФХО. 1908, т. 40, отд. II.
19. M-me Curie et m-lle Gleditsch. Action de l'emanation du radium sur les solutions des sels de cuivre — Compt. rend., 1908, v. 147, p. 455.
20. О. Д. Хвольсон. ЖРФХО, 1909, т. 41, вып. 4, стр. 119—143.
21. J. Chem. Soc., 1909, v. 93, p. 1775.
22. В. Рамзай. Несколько мыслей по поводу «Периодической системы элементов». М., 1904.
23. Н. А. Морозов. Вновь открытые превращения эманации радия с точки зрения эволюционной теории строения атомов.— Изв. Петербургской биологич. лаб. (СПб.), 1908, т. 9, вып. 3.
24. К. А. Тимирязев. Химическая смута.— Соч., т. 8.
25. У. Грей, В. Рамзай. Плотность нитона («эманации радия») и теория распада атомов.— Сб. «Новые идеи в химии». СПб., 1914, № 4.
26. В. Рамзай. Основная проблема. Открытие новых газов в атмосфере.— Сб. «Успехи химии». Одесса, 1912, стр. 55—72.
27. В. Рамзай. Определение бесконечно малых количеств веществ.— Сб. «Успехи химии». Одесса, 1912, стр. 73—88.
28. W. Ramsay. The Gases of the Atmosphere. London, 1915.
29. Nobel Lectures. Chemistry, 1901—1921, Elsevier, 1966.
30. У. Рамсей — В. Оствальд. Популярно-научные очерки. Пг., 1920.
31. W. Ramsay. President's Address to the British Association. Portsmouth. 1911.— Rep. Brit. Ass., 1962, 81 st melting, p. 3—22.

V

1. Compt. rend., 1903, N 25.
2. W. Tilden. Sir William Ramsay. London, 1918.
3. English Education. Daily Dispatch January 21, 1916.

4. *W. Ramsay. Essays Biographical and Chemical. London, 1908.*
5. Цит. по кн.: *С. Аррениус. Химия и современная жизнь. М., 1925.*
6. *Я. П. Страдынь. К истории изобретения лампы Дэви.— Сб. «История химических наук». М., Изд-во АН СССР, 1962.*
7. *Д. И. Менделеев. Соч., т. 11, 1949.*
8. *Electrical Review. London, 1911, v. 60.*
9. Центральный государственный архив народного хозяйства СССР (ЦГАНХ СССР), ф. 8100, оп. 1, д. 43, л. 148.
10. *M. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.*
11. Международная ассоциация химических обществ. СПб., 1913.
12. Six articles on Germany's Commercial War Machine. London, Reprinted from Daily Dispatch, 1916.
13. *П. И. Вальден. Памяти сэра Вильяма Рамзая.— Сб. «Наука и жизнь», ч. II. Пг., 1919.*
14. *Nature, 12 November, 1914.*
15. *W. Ramsay. German Methods in Trade. London, 1915.*
16. *W. Ramsay. Cotton for the Enemy.—Nature, 17 June, 1915; Saturday Review, 24 July, 1918.*
17. *German Aims and Methods.—Nature. 16 January, 1916.*
18. Архив С. Аррениуса, Стокгольм.

Заключение

1. *П. И. Вальден. Памяти сэра Вильяма Рамзая.— Сб. «Наука и жизнь», ч. II. Пг., 1919.*
2. Архив В. Рамзая, Лондон.

Литература о В. Рамзае

- W. A. Tielden. Sir William Ramsay. Memorials of his Life and Work. London, 1918.*
- П. И. Вальден. Памяти сэра Вильяма Рамзая (1852—1916).— Сб. «Наука и жизнь», ч. II. Пг., 1919, стр. 114—126.*
- M. Travers. The Discovery of the Rare Gases. London, 1928.*
- P. Walden. W. Ramsay.— Сб.: «Bugge. Das Buch der grossen Chemiker», Bd. 2. Berlin, 1930, S. 250—263.*
- M. E. Weeks. Discovery of the Elements, 1939, p. 374—387.*
- А. Ф. Капустинский. К пятидесятилетию открытия аргона Рамзаем и Рэлеем.— Успехи химии, 1945, т. 14, вып. 2, стр. 164—170.*
- Т. В. Волкова. Письма В. Рамзая к Д. И. Менделееву.— Природа, 1946, № 5, стр. 76—81.*
- F. S. Taylor. The Work of Sir W. Ramsay.— Amer. Sci., 1953, July, v. 41, p. 449—552.*
- K. Schmorl. Zum 100-jährigen Geburtstag von Sir William Ramsay (1852—1916).— Naturwissenschaftliche Rundschau. Stuttgart, 1953, Bd. 6, N 7.*
- M. W. Travers. The Scientific Work of William Ramsay.— Science progress, L., 1953, c. 41, N 162.*
- M. W. Travers. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.*

Приложения

В приложениях впервые на русском языке публикуются полный текст нобелевской речи В. Рамзая «Последовательность событий», а также некоторые неопубликованные письма В. Оствальда, С. Аррениуса, Л. Больцмана, Б. Браунера, К. Ольшевского, Р. Фиттига и В. Рамзая, которые служат, на наш взгляд, ценным дополнением к основному тексту книги. Некоторые из приведенных писем публикуются с небольшим сокращением.

Речь и письма Рамзая даны в переводе Л. П. Петрова.

Последовательность событий*

Открытия, благодаря которым я оказался удостоенным высокой чести присуждения Нобелевской премии по химии, представляются мне следствием причин, лишь отчасти находившихся под моим контролем; поскольку правила Академии, членом которой Вы меня избрали, требуют рассказа о научном пути, то, мне кажется, будет уместным при описании моей работы над редкими газами атмосферы изложить последовательность событий, которые привели к их исследованию.

Дед мой со стороны отца, Вильям Рамзай, был промышленником в Глазго; он происходил из семьи потомственных красильщиков, работавших в Хеддингтоне, небольшом провинциальном городке на востоке Шотландии. Как мне кажется, дед первым осуществил перегонку древесины для получения пиролизной кислоты; он очистил ее прокаливанием ацетата кальция, образовавшегося при ее нейтрализации, и перегонкой с купоросным маслом. Кроме этого, он первым наладил производство бихроматов, в течение многих лет он и его компаньоны — Турнбули — приготавливали «турнбулеву синь». Отец моей матери был врачом, практиковавшим в Эдинбурге. Он являлся автором серии руководств для студентов-медиков, одно из которых называется «Беседы о химии». Таким образом, любовь к химии я унаследовал как со стороны отца, так и со стороны матери.

В 1879 г., когда я был ассистентом в Университете Глазго, мне пришлось в голову, что наиболее легким методом определения объемов жидкостей при точке кипения и, следовательно, их молекулярных объемов было бы использование пара жидкостей, кипящих

* Лекция, прочитанная сэром Вильямом Рамзаем в Королевской Академии наук в Стокгольме, 12 декабря 1904 г. Nobel Lectures. Chemistry, 1901--1921. Elsevier, 1966, p. 68—77.

для обеспечения желаемой температуры под атмосферным давлением. Простая модификация этого плана дала возможность получить ряд температур путем изменения давлений, при которых происходило кипение жидкостей. Этот способ привел к изучению критических явлений жидкостей, так как при применении для нагревания пара удавалось обеспечить однородность температур. Сотрудником моим и ассистентом по этой работе, выполненной в Бристолле, где я был профессором химии с 1880 по 1887 г., был Сидней Юнг. По переезде моем в Лондон в том же году возник вопрос об адиабатическом поведении жидкостей и газов; отношение теплоемкости при постоянном объеме к теплоемкости при постоянном давлении было измерено в 1892 г. с помощью д-ра Е. Пермана; однако отчет о полученных результатах не был опубликован до 1896 г. По методу Кундта и Варбурга получены адиабатические кривые для этилового эфира как в жидком так и в газообразном состоянии.

До отъезда из Бристоля я поставил несколько опытов по изучению взаимодействия газообразного азота с водородом и кислородом в присутствии платины как катализирующего агента; результаты исследования были отрицательными и опубликованы не были. Но, очевидно, тогда же я прочел хорошо известное описание классического опыта Кавендиша по соединению атмосферного азота и кислорода, так как в моем экземпляре книги о Кавендише, опубликованной в 1849 г. Обществом Кавендиша, на полях страницы, где имеется высказывание Кавендиша о том, что при пропускании электрической искры через смесь азота с избытком кислорода он получил небольшой остаток, составлявший не более $1/125$ от всей смеси, моей рукой написано: «Обратить внимание». По всей вероятности, «скрытая» память об этом обстоятельстве заставила меня в 1894 г. подсказать лорду Рэлею причину той высокой плотности, которую он определил для «атмосферного азота».

Я не собираюсь говорить об открытии и свойствах аргона. По этому переходу к открытию гелия и его сородичей.

Одним из самых характерных свойств или, вернее, отсутствием свойств аргона является то, что он не образует каких-либо соединений,— обстоятельство, приведшее к выбору его названия. Один из химиков Геологического надзора США, д-р Гиллебранд, заметил, что некоторые минералы, а именно содержащие уран, при нагревании с разбавленной серной кислотой выделяют газ. Недавно мне сообщили, что лица, исследовавшие этот газ, обнаружили в его спектре некоторые неизвестные им линии; но критическое отношение их коллег помешало им придать должное значение этому наблюдению. В спектре находились также обычные для азота полосы, и исследователи удовлетворились записью этого наблюдения. Выделение этого газа из редкого минерала навело меня на мысль, что в этом направлении следует искать соединение аргона, так как представлялось возможным, что исследованный Гиллебрандом газ окажется смесью аргона с азотом. Однако при исследовании этого газа была замечена яркая желтая линия, лежащая около двойной линии натрия и занимавшая не совсем идентичное с ней положение. Сравнение с перечнем спектральных линий показало, что новая линия совпадает с линией, которую впервые наблюдал Жансен в солнечном спектре во время солнечного затмения, для наблюдения которого в 1868 г. была послана экспедиция в Индию. Франкланд и Локьер полагали, что эта линия принадлежит водороду; однако

ни при каких условиях не удавалось заставить этот элемент показать такую линию. Поэтому они пришли к заключению, что она обусловлена присутствием в солнечной атмосфере элемента, неизвестного на Земле. Чтобы указать на принадлежность этого элемента Солнцу, они назвали его гелием. Вскоре после этого Ланглет, работавший в лаборатории Клеве, самостоятельно открыл гелий.

Гелий, как и аргон, является газом, плохо растворяющимся в воде, устойчивым к воздействию кислорода и действию электрического разряда, кроме того, он не поддается действию магния при температуре красного каления. Отношение теплоемкости при постоянном объеме к теплоемкости при постоянном давлении показывает, что гелий, как и аргон, является одноатомным элементом, т. е. атом и молекула его одинаковы; мною и Ланглетом было выяснено, что его плотность равна почти 2; таким образом, за исключением водорода, это самый легкий из известных газов. Эти общие свойства показали, что гелий и аргон принадлежат к одному семейству; было также очевидно, что должно существовать еще по крайней мере три других элемента того же класса; это становится ясным при рассмотрении периодической таблицы:

Водород 1	Фтор 19	Хлор 35,5	Бром 80	Иод 127
Гелий 4	? 20	Аргон 40	? 82	? 130
Литий 7	Натрий 23	Калий 39	Рубидий 85	Цезий 133

Уверенный в том, что эти элементы будут открыты, я предсказал открытие «нового элемента» в председательской речи, с которой я выступил в химической секции Британской ассоциации на съезде в Канаде в 1897 г.; я не сомневался в правильности предсказания: необходимость наличия элемента с атомным весом 20 была очевидна, хотя почти с такой же вероятностью можно было утверждать, что еще два элемента ждут своего открытия.

Д-р Траверс, в то время мой ассистент, а сейчас мой преемник по Бристольской кафедре, любезно предложил свою помощь для поисков этого нового газа. Мы составили план кампании, которого строго придерживались и который привел к успеху. Во-первых, мы исследовали газы, выделявшиеся из всех минералов, которые можно было достать, при этом администрация Британского музея любезно предоставила в наше распоряжение большое число образцов. Во-вторых, мы нагревали различные метеориты и спектроскопическим путем исследовали выделявшиеся газы, предварительно удалив из них реакционноспособные компоненты. В-третьих, д-р Траверс и я совершили экскурсию в Котерет в Пиренеях, а я собрал газы из горячих источников в Исландии; кроме того, были исследованы газы из различных минеральных источников Англии и Шотландии. В-четвертых, около четырех литров гелия было приготовлено из фергюсонита, и этот газ в течение около 3 месяцев подвергался фракционированной диффузии. Мы надеялись получить более тяжелые фракции, которые могли бы содержать искомые газы, так как при наличии их они, конечно, проявили бы себя своими спектрами. В-пятых, подобные же опыты по диффузии были выполнены с аргонном, хотя

и не совсем до тех же пределов, так как к тому времени мы располагали уже другими возможностями. В-шестых, было приготовлено около 15 литров аргона, которые предполагалось подвергнуть фракционированной дистилляции, так как тем временем д-р Хемпсон работал над своей прекрасной машиной для сжижения воздуха и держал меня в курсе своих достижений.

Выполнением этой длинной программы я был занят большую часть 1896 и 1897 гг.; 15 литров аргона были приготовлены после рождества 1897 г. Результаты описанных попыток открыть новый газ могут быть изложены в нескольких словах. Во-первых, минералы, содержавшие уран и торий, выделяли небольшие количества гелия, но ни в одном случае нам не удавалось обнаружить в спектре новую линию того элемента, который, могу сказать, стал нам почти болезненно знаком. Единственным минералом, из которого выделялся газ, содержащий аргон, был малакон (силикат циркония). Во-вторых, только один метеорит (из Огуста, Виргиния, США) дал неактивные газы; в них были обнаружены и аргон, и гелий. В-третьих, в газах из Котерета содержались и гелий, и аргон, но хотя они были фракционированы, ничего нового в них найдено не было. С тех пор, однако, выяснено, что вода из источников Баса содержит неон. В-четвертых, в результате диффузии гелия образовался небольшой остаток, в котором были обнаружены лишь знакомые линии аргона, но, опять-таки, применение жидкого водорода дало возможность охладить большие количества гелия до очень низкой температуры и оказалось, что сконденсированная фракция показывает спектр криптона. В-пятых, в результате диффузии аргона были собраны две фракции, из которых одна была несколько плотнее другой, и это обстоятельство в то же время несколько ободрило нас, хотя теперь мы знаем, что эта разница, возможно, была обусловлена ошибками опыта.

Пока производилась очистка аргона, д-ру Хемпсону удалось усовершенствовать свою машину, и он передал в наше распоряжение около литра жидкого воздуха. После «игры» с ним, предпринятой для ознакомления с его свойствами, в сосуде осталось около 100 см³. Я предложил испарить почти всю эту порцию и собрать только последние 10 см³, дав им выкипеть в газгольдер. Так и было сделано; после удаления кислорода и азота осталось 26 см³ газа, который, помимо спектра аргона, дал яркие желтую и зеленую линии с длинами волн соответственно 5571 и 5570 м μ . Хотя плотность нового газа, названного нами «криптон», или «скрытый», оказалась равной всего 22,5, мы предположили, что после очистки он окажется в сорок раз тяжелее водорода и будет соответствовать атомному весу 80, так как первые же наши опыты обнаружили, что, подобно аргону, его молекулярный и атомный вес равны.

Отчет об этом открытии был передан Королевскому обществу 3 июня 1898 г., и мы сразу же приступили к исследованию аргона путем сжижения и фракционированной дистилляции. 13 июня мы уже могли сообщить, что полученные из 15 л аргона фракции с более низкой температурой кипения содержат газ, который мы называли «неон», или «новый»; спектр его характерен ярким цветом пламени и состоит из многочисленных красных, оранжевых и желтых линий. Предварительное определение плотности дало величину 14,7, которая после однократного фракционирования снизилась до 13,7. В то время мы были введены в заблуждение предположением о присутствии

второго газа, показывающего иной, чем аргон, спектр, но обладающего почти одинаковой с ним плотностью; мы считали, что он находится к аргону в таком же отношении, как никель к кобальту, и окрестили его «метаргоном». Впоследствии оказалось, что этот газ состоял главным образом из аргона, но содержал примесь окиси углерода, образовавшейся в результате применения загрязненного углеродом фосфора, который использовался для удаления кислорода. Потребовались, однако, большие усилия, чтобы убедиться в том, что метаргон не является новым газом.

Келлас, работавший в моей лаборатории, и Шлезинг — в Париже независимо друг от друга определили содержание аргона в воздухе; они получили почти одинаковые данные — 0,01183 (Шлезинг) и 0,0086 (Келлас) объемных частей в одной части атмосферного азота.

Отделение от аргона более легких и тяжелых газов предоставляло дополнительную возможность для определения плотности аргона, который на этот раз представлял собой продукт высокой степени чистоты. В то время как плотность «сырого аргона», приготовленного путем удаления азота из «атмосферного» азота при помощи электрической искры, была равна 19,94, а плотность азота, полученного при применении докрасна раскаленного магния, — 19,941, плотность очищенного образца газа оказалась равной 19,95. Коэффициент преломления, однако, показал большое отклонение, так как примесь гелия и неона в сыром образце снижает коэффициент преломления чистого газа, равный 0,9665, до 0,961 или 0,960.

В сентябре 1898 г. было сообщено об открытии еще одного газа; он был отделен от криптона фракционированием и имел еще более высокую точку кипения. Мы называли его «ксенон», или «чужой». В течение следующих двух лет Траверс и я приготовили большее количество этих газов и очистили их методом фракционирования; в то же время Бэли сконструировал аппарат для точного определения длин волн их спектральных линий.

От кислородной компании «Брин Оксиджен» мы получили один из хемпсоновских сжижителей воздуха, а от «Вайтхед торпедо компании» — один из их компрессоров; последний имел электрический привод и работал от мотора 5 л. с. Впоследствии этот мотор был заменен более мощным, компрессор же и сжижитель не причиняли никаких хлопот и продолжают еще и сейчас работать так же хорошо, как и в первый день покупки. Жидкий воздух начинает образовываться уже через 10 минут после пуска, без какого-либо предварительного охлаждения; производительность установки — свыше 1 литра в час. При помощи этой машины воздух фракционировался с таким расчетом, чтобы получить фракции, обогащенные именно тем газом, который мы хотели исследовать. Процесс заключался в следующем. Установка Хемпсона являлась источником жидкого воздуха. Получавшийся при работе установки газ состоял главным образом из азота; эту смесь мы сжижали под давлением в баллоне, охлаждаемом жидким воздухом, кипящим под уменьшенным давлением. После наполнения баллона жидким азотом, через жидкость продавливали струю воздуха до испарения части газа. Этот газ собирался отдельно и освобождался от кислорода пропусканием над раскаленной медью; он содержал основную часть неона и гелия, содержавшихся в воздухе. Остаток азота прибавляли к тому жидкому воздуху, которым охлаждали баллон с конденсируемым азотом. После получения значительного количества этого «легкого азота», он был очищен от

азота обычными методами, и аргон, содержащий неон и гелий, подвергли фракционированию. Из этой газовой смеси удалось удалить фракционированной дистилляцией большую часть гелия и неона, а аргон оставался в остатке.

Во время этих операций воздух, использовавшийся для фракционирования, подвергался выпариванию в вакуумных сосудах, а остатки мы всегда тщательно собирали в отдельный газгольдер. В результате было накоплено значительное количество более тяжелых фракций. По нашей оценке, общее количество сконцентрированного таким образом жидкого воздуха составляло не менее 30 литров. После удаления кислорода и азота большая часть аргона была отделена фракционированной дистилляцией, а остаток неочищенного криптона и ксенона был очищен повторным фракционированием. Криптон обладает значительной упругостью паров при температуре кипения жидкого воздуха, в то же время упругость паров ксенона едва заметна, поэтому разделение их, хотя и кропотливое, особых трудностей не представляет.

Иначе обстояло дело с неоном. Очень скоро выяснилось, что неон был загрязнен гелием, и лишь после многочисленных попыток, принятых для их разделения, мы добились успеха. Среди других попыток было испробовано фракционированное растворение в кислороде с последующей систематической диффузией обоих газов, однако оказалось невозможным поднять плотность неона выше величины 9,16 и в спектре его оставались видимыми линии гелия. Ни неон, ни гелий не могут быть ожижены охлаждением жидким воздухом, и вскоре стало очевидным, что без помощи жидкого водорода дальнейших успехов достигнуть нам не удастся.

Поэтому д-р Траверс с помощью лабораторного механика Холдинга принялся за конструкцию аппарата для ожижения водорода; при этом ему пришлось начать с самых исходных положений, так как не существовало никаких опубликованных данных по этому процессу. После двухмесячной работы была сконструирована машина, в которой водород, после предварительного охлаждения жидким воздухом, поступал в камеру с жидким воздухом, кипящим под низким давлением и при температуре -205° . Эта температура оказалась достаточной для охлаждения водорода ниже критической точки с целью достижения положительного эффекта Джоуля—Томсона. Таким образом, после прохождения регенерирующего змеевика водород расширился и становился жидким.

Из смеси гелия и неона, сжатой в баллоне, охлаждаемом жидким водородом, неон выделился в жидком или, вероятнее, в твердом состоянии; упругость паров жидкого неона при столь низкой температуре составляет не более 17 мм рт. ст.; гелий же все время остается газообразным. Поэтому очистить неон от гелия оказалось нетрудно, но в то же время очистка гелия от неона представляет сложную задачу.

Одноатомность полученных газов была доказана определением отношения их теплоемкостей по методу Кундта; кроме того, были определены точные значения их коэффициентов преломления, плотностей и сжимаемости при двух температурах: $11,2$ и $237,3^{\circ}$; были определены также упругости паров аргона, криптона и ксенона и их объемы при точках кипения в жидком состоянии. Для указанных трех газов были также определены критические температуры и давления. Таким образом, можно утверждать, что все эти газы показывают за-

кономерную градацию свойств от гелия к ксенону; они заполняют пробелы в периодической таблице выше и ниже аргона и имеют атомные веса: неон — 20, криптон — 82, ксенон — 128.

За это время было измерено содержание неона и гелия в воздухе; количество первого в воздухе составляет 1 объем в 81 000, а второго — 1 объем в 245 000; количество криптона и ксенона еще меньше: из 20 000 000 объемов воздуха может быть выделено не больше 1 объема криптона; количество же ксенона в воздухе составляет не свыше 1 объема в 170 000 000.

В июне 1903 г. Бэли опубликовал данные об определении длины волн линий спектров неона, криптона и ксенона, сфотографированных при помощи вогнутой решетки Ролланда с радиальной кривизной 10 футов. Были точно измерены положения 2 400 линий.

Вслед за сделанным в 1896 г. открытием урановых «лучей», способных разрядить электроскоп и воздействовать на фотографическую пластинку, последовало выделение из смоляной обманки — урановой руды замечательного элемента радия, открытого г-жой Кюри в 1898 г. В 1899 г. Гизель, Мейер и Швейдлер в Германии и Австрии, а также Беккерель и Кюри во Франции почти одновременно выяснили, что некоторые лучи радия, позже названные β -лучами, отклоняются в магнитном поле. К настоящему времени показано, что эти лучи идентичны с катодными лучами, испускаемыми катодом в круковских трубках. Они обладают высокой проникающей способностью и проходят, не абсорбируясь, через металлическую пластинку значительной толщины. Лишь в 1900 г. г-жа Кюри высказала предположение, что выделяемые полонием α -лучи, задерживаемые тонкой пластинкой металла или стекла, могут представлять собой небольшие частицы, выбрасываемые с большой скоростью, но потерявшие свою энергию при прохождении через вещество. То же предположение высказал в 1901 г. Страт в отношении лучей радия, которые отклоняются только в чрезвычайно сильном магнитном поле. Резерфорд в 1902 г. определил отклонение этих лучей в магнитном поле заданной интенсивности, а также в электростатическом поле, и вычислил приблизительное отношение массы к электрическому заряду для каждой частицы. Исходя из предположения, что этот заряд равен заряду, который несет, скажем, ион водорода, он вычислил массу каждой частицы. Подсчеты показали, что она примерно в два раза больше атома водорода.

После того, как Шмидт и г-жа Кюри в 1898 г. открыли, что соединения тория и содержащие его минералы обладают свойствами, подобными соединениям урана Оуэнс обнаружил, что способность разряжать электроскоп может быть сильно изменена продуванием тока воздуха над испытываемым образцом. В 1900 г. Резерфорд доказал, что это обуславливается фактом выделения торием радиоактивного газа; указанный газ был исследован Резерфордом и Содди, которые поставили многочисленные опыты для выяснения его химической природы. Они нашли, что этот газ противостоит воздействию всех окисляющих агентов, а также магния при температуре красного каления. Эти наблюдения привели их к выводу, что эманация «является инертным газом, аналогичным по своей природе членам семейства аргона». Было установлено, что эманация разлагается через несколько минут, теряя свою радиоактивность и выделяя лучи, значительная часть которых относится к типу, названному α -частицами; памятуя, что

масса α -частиц, по всей вероятности, имеет одну величину с массой гелия, и учитывая наблюдение, что минералы, при нагревании выделяющие гелий, почти неизбежно содержат уран, или торий, или оба вместе, они писали далее: «Естественно возникает мысль, не связано ли присутствие гелия в минералах и его неизменная ассоциация с радием и торием, с их радиоактивностью».

Содди начал работать в моей лаборатории весной 1903 г., и мы сразу же принялись за исследование свойств эманации радия, так как продолжительность ее жизни настолько больше жизни эманации тория (в отношении 463 000 : 87), что к ней возможно применить обычные физические методы. Эманация, полученная примерно от 60 мг бромида радия, собиралась в течение 8 дней; она вводилась в маленькую измерительную трубку для определения объема. Эманация оказалась самосветящимся газом, подчиняющимся закону Бойля; в течение 4 недель объем ее медленно уменьшался до тех пор, пока к концу этого времени не остался едва видимый пузырек, который тем не менее представлял собой ярко светящуюся точку. При нагревании трубки, содержащей эманацию, из стенок ее выделялся газ, объем которого в три с половиной раза превышал объем эманации и который показал спектр гелия. Не подлежит сомнению, что частицы газа были выброшены с большой скоростью, в связи с чем его молекулы проникли в стекло трубки, из которого они были извлечены при красном калении.

Другие опыты показали, что нагреванием приготовленной ранее и хранившейся некоторое время соли радия легко извлечь накопившийся гелий; это наблюдение было неоднократно подтверждено не только Содди и мною, но и другими исследователями.

С этими эманациями предстоит еще большая работа. Совместно с моим коллегой д-ром Колли был вычерчен спектр эманации радия. Он похож, вообще говоря, на спектры инертных газов. И хотя плотность ее не была точно определена, но, по-видимому, она приблизительно составляет 80, что соответствовало бы молекулярному весу 160. Если эманация — одноатомный газ, то атомный вес ее также будет 160. В таком случае эманация может оказаться нестабильным членом семейства аргона; имеется свободное место для элемента с атомным весом около 162. Скорость диффузии эманации тория определена еще недостаточно точно, но она, по-видимому, тоже велика. Эта эманация является малоустойчивым газом и, возможно, обладает атомным весом 215, для которого в таблице также имеется вакантное место. Нельзя исключать, что еще менее устойчивая эманация из вещества, названного Дебьерном «актиний» и Гизелем «эманий», будет обладать атомным весом, превышающим атомный вес урана. Если судить по явлению яркого свечения, которое наблюдается, если препарат эманации держать над экраном из сернистого цинка, то создается впечатление, что экран подвергается воздействию весьма плотного вещества.

Здесь я, однако, отхожу от фактов, в которые трудно проникнуть, но которые приносят щедрое вознаграждение, и вступаю в область умозаключений, где много открытых дорог, из которых лишь немногие ведут к определенной цели. Поэтому я ограничусь тем, что поблагодарю вас за то доброе внимание, с которым вы выслушали мою речь.

Неопубликованные письма

В. Рамзай — В. Оствальду

19 октября 1890 г. Лондон

Мой дорогой Оствальд,

...Я отнюдь не забыл Вашей просьбы о высылке краткого содержания работы Мэйова *. Как только у меня будет немного времени, я достану его книгу из библиотеки Королевского общества и прочитаю ее. Однако книга написана на латинском языке, и я смогу прочитать ее только с трудом.

Мне одолжили любопытную старую книгу, написанную фармацевтом конца XVII в. Георгом Вильсоном. Автор описывает события интеллигентным языком. Большая часть книги состоит из довольно четких рецептов приготовления различных медицинских снадобий. В конце книги он дает описание опытов, предпринятых им с целью трансмутации металлов в золото, и в заключение указывает: «11 декабря 1688 г. со мной обошлись, как с испанским послом: необузданная толпа, должно быть, приняла меня за фокусника, разбила мои сосуды и обвинила меня в подготовке фейерверка дьявола, вероятно для того, чтобы сжечь город и Уайтхолл. Таким образом были закончены мои опыты».

В конце другого эксперимента он пишет: «Теперь мой друг ожидал пять унций чистого золота, однако при тщательном изучении оказалось, что луна не претерпела изменений и весила столько же (или на полпении меньше), сколько до растворения в азотной кислоте». Приятно все-таки обнаружить среди мошенников честного человека и среди химиков — интеллигента.

Я все еще работаю над изоэнтропикой и почти подхожу к концу. Все же еще необходимы опыты с жидкостью. Думаю, до опубликования должен поставить эти опыты.

* По-видимому, имеется в виду работа английского химика XVII в. Д. Мэйова «Tractatus quinque medico-physico», в которой на опытах доказывалось, что в воздухе присутствует «огненно-воздушное» или «селитряно-воздушное вещество», необходимое для процессов горения и дыхания.— Ю. С., Л. П.

3 декабря 1894 г., Краков

Я получил Ваше письмо от 29.XI и весьма признателен за Вашу доброту. Из ряда журналов мне стало известно, что мои эксперименты с большими количествами жидкого кислорода и воздуха были неоднократно повторены Дьюаром. То, что мое имя не было даже упомянуто, я вначале приписывал небрежности авторов. Однако из Вашего письма я начинаю понимать, что это является делом рук Дьюара. Это особенно поразительно, учитывая, что моя работа с описанием аппарата сжижения больших количеств кислорода была опубликована еще в 1881 г. и оттиск ее вместе с работой «О критическом давлении водорода» был послан Дьюару. Копии оттисков упомянутых работ вместе с рядом других я посылаю Вам при этом письме.

По Вашей просьбе несколько позже я вышлю Вам для опубликования в «Philosophical Magazine» содержание моей работы по сжижению газов. Благодарю Вас за проявленный Вами интерес к этой проблеме.

Поздравляю Вас с открытием нового газа * и предвкушаю получение по этому вопросу дополнительной информации. Надеюсь, что Вы изучите поведение этого газа при низких температурах. Учитывая высокую плотность газа, считаю, что его сжижение не должно представить существенных трудностей.

К. Ольшевский — В. Рамзаю

24 января 1895 г., Краков

Как я обещал в своем письме от 14 декабря, высылаю краткую статью по сжижению аргона и получению его в твердом состоянии. Я принял все необходимые меры к наиболее эффективному использованию полученного от Вас аргона, провел все опыты, которые оказались возможными с тем ограниченным количеством газа, которое имелось в моем распоряжении.

Я провел измерения температуры и давления с максимально возможной точностью. Как я уже сообщал раньше, мне кажется, аргон состоит из единственного газа, но в качестве примеси содержит небольшое количество другого газа, который поддается сжижению с большим трудом и которым, вероятно, является азот. Возможно, эти газы могут быть разделены фракционным сжижением, однако такой эксперимент потребует большего количества аргона.

Мне бы хотелось получить оттиск этой работы, так же как и работы, опубликованной в «Philosophical Magazine».

Я не собираюсь продолжать дальнейшую полемику с Дьюаром, так как убедился, что он отнюдь не честный человек, а с такими людьми борьба всегда трудна. Особенно на расстоянии. Я вполне удовлетворен, что английские ученые информированы о реальном положении вещей и по заслугам оценивают мою работу. Примите, пожалуйста, мою благодарность за высылку в мой адрес журналов «Nature» и «Philosophical Magazine».

* Аргон.— Ю. С., Л. П.

4 декабря 1895 г., Прага

Мой дорогой профессор Рамзай,

Мне доставляет большое удовольствие сообщить, что на недавнем общем собрании Богемской Академии наук, искусств и литературы имени императора Франсиса Иосифа I Вы были избраны иностранным членом физико-математической секции. Это самая высокая честь, которую наша небольшая нация может оказать выдающимся иностранным исследователям, и я хочу лишь добавить, что Вы будете в хорошей компании: Менделеев и Ольшевский уже были избраны иностранными членами нашей Академии.

Я надеюсь, что Вы не сочтете нескромным, если я скажу, что был инициатором предложения о Вашем избрании. Мы хотели этим шагом показать, насколько высоко мы оцениваем Ваши научные работы, и особенно открытие аргона и гелия.

Приложением к письму я посылаю одну из наших работ, опубликованную на немецком языке и содержащую отчет о последнем собрании. Надеюсь, что Вы сможете получить общее представление о нашей Академии. Ее работы публикуются не только на богемском, но и на всех языках мира, особенно на английском, французском, немецком и итальянском. В отчете Вы найдете информацию о своем избрании...

Как продвигается Ваша работа по теллуру? Я сконцентрировал все свои усилия и мысли на изучении церия и надеюсь изолировать в довольно чистом состоянии второй из его компонентов, который я уже открыл спектральным анализом в лаборатории Роско в 1881 г. и снова — в 1885 г. К сожалению, однако, жизнь слишком коротка для решения всех этих проблем. Мне будет весьма интересно услышать, удалось ли Вам разделить теллур, что до сих пор я просто не в состоянии сделать. Работа Штаудемана слишком неточна; Кальман в Базеле работает над той же проблемой и, возможно, кто-то в Америке....

Л. Больцман — В. Рамзаю

5 июля 1898 г., Вена

Уважаемый сэр,

Вы вряд ли можете себе представить, чтобы кто-либо проявлял столько интереса к Вашей изумительной работе, как автор этого письма. Мне особенно интересно узнать, оправдывается ли Ваше предсказание, что неон будет иметь атомный вес, промежуточный между фтором и натрием. Медленное испарение твердого метаргона также чрезвычайно меня интересует. Кстати, сопоставим ли его атомный вес с аргоном?

Я узнаю о Ваших последних исследованиях только из журнала «Nature». Сейчас я работаю над вторым томом моей «Теории газов» и хотел бы сослаться в этой книге на Ваши работы. Если Вы придете к каким-либо определенным результатам, мне бы хотелось узнать об этом непосредственно от Вас. Мы располагаем достаточным временем, так как я не надеюсь закончить свою книгу до октября.

Я должен также поблагодарить Вас за ссылку на мое объяснение значения $K = 1,4$ для воздуха в Вашей книге «Газы атмосферы». Я согласен с Вами, что моя теория не является идеальной. Физик должен быть особенно осторожен при разработке теоретических представлений. Я, однако, не считаю, что Вы правы, критикуя мою теорию на том основании, что значения K должны быть больше 1,4. Обратите внимание на результаты Люммера и Прингшейма (Wied. App., Bd. 64, S. 583) для воздуха, кислорода и водорода, некоторые из которых выше и некоторые ниже 1,4. Поскольку последние результаты Вебстера и Маневриера для воздуха и водорода и Люммера для кислорода дают значение K ниже 1,4, я думаю, что нельзя заявить, что K должно быть больше 1,4.

Р. Фиттинг — В. Рамзаю

13 октября 1902 г., Страсбург

Дорогой друг Рамзай,

Большое спасибо, за твое доброе письмо. Я с большим удовлетворением убедился, что, несмотря на все полученные тобой почести и всю заслуженную славу, ты еще вспоминаешь меня по-дружески и с добротой. В пожилом возрасте особенно ценишь доказательства верности бывших студентов и поневоле начинаешь думать, что твои усилия не пропали даром.

Сердечно поздравляю с присуждением звания сэра. На мой взгляд, ты заслужил столь высокие почести главным образом благодаря своим замечательным экспериментам. Я, однако, думаю, что всеобщее признание твоих заслуг в научном мире имело гораздо большее значение, чем медали и награды, которые присуждались другим за менее важные достижения. Я сам никогда не придавал значения такого рода внешним отличиям. Мои медали лежат в выдвижном ящике моего рабочего стола и никогда не видят дневного света. Женщины обычно придают больше значения такого рода отличиям, и поэтому я прошу передать леди Рамзай мои поздравления. Я думаю, что она помнит вечер в Лондоне, когда я вместе со своей дочерью был Вашим гостем. Однако это было так давно, и я всегда жалел, что мы не имели возможности посетить Вас во время собрания Британской ассоциации и позже, когда мы были в Лондоне, а Вы были в Германии.

Я чувствую себя отлично, как могу наслаждаюсь жизнью и не имею ни малейшего желания возобновить лекционную работу. В конце концов довольно утомительно играть один и тот же мотив на органе, то есть снова и снова повторять одно и то же. Работа и руководство большой лабораторией оказались для меня слишком большой нагрузкой, а находиться в распоряжении молодых студентов с утра до вечера безо всякого облегчения стало неблагоприятным и слишком утомительным делом, так как я не понимаю искусства заставлять других работать на меня. Поэтому я воспользовался правом всех страсбургских профессоров, отказался от всех обязанностей с сохранением прав и жалованья и, таким образом, предоставил молодому человеку возможность занять мою должность.

Здесь у меня приятный домик, в котором я проживаю тихо и мирно с моими детьми и время от времени предпринимаю небольшие

путешествия в Швейцарию, в Черный Лес или в Воггес. Я никогда не уставал от жизни и не скучаю теперь. Помимо химии у меня множество интересов, особенно в искусстве, во всяком случае их достаточно, чтобы поддерживать мою занятость. Раньше я мог заниматься всем этим только во время отпуска, теперь же я располагаю временем и делаю только то, что мне нравится. Несмотря на мои 67 лет я могу наслаждаться всем, что **предоставляет нам природа** и красота. Я так здоров, что часто путешествую по Горным Альпам. Вы поэтому видите, что у меня есть все основания быть счастливым.

Должен сказать, что я не отказался от химии полностью, так как оборудовал дома небольшую лабораторию и закончил работу над рядом статей, которые пока еще не опубликованы.

В. Рамзай — Э. Фишеру

2 апреля 1906 г., Рим

Мой сын сообщил, что Вы любезно пригласили его к себе, и он собирается посетить Вас в воскресенье. Я надеюсь, что он подружится с Вашим сыном. Ведь там, где есть теплая дружба между отцами, должна существовать также и дружба между их сыновьями.

Я полагаю, что уже как-то рассказывал, что старый Турнбуль, изобретатель турнбулевой сини, был партнером моего деда и что эта дружба продолжалась три поколения: молодые Турнбули стали близкими друзьями моих детей.

Моя жена и я только что вернулись из Рима, где были первый раз. Очень интересная поездка. Древние римляне были людьми ограниченных взглядов, и папская тирания только способствовала этому. Всюду полно церквей, однако я не нашел их стиль очень интересным. Тем не менее они декорированы множеством очень интересных картин.

Приходило ли Вам в голову, что этот город и фактически вся страна ужасно пострадали от большого количества бесполезных и паразитических людей, противостоящих всякому прогрессу и навязывающих людям свои стерильные убеждения. Вы действительно можете видеть надписи, убеждающие Вас поцеловать распятие. Считается, что в этом случае Ваше пребывание в чистилище будет сокращено на два дня и Вы получите через двенадцать дней индульгенцию. Сегодня в полдень мы посетили катакомбы и говорили с весьма элегантно одетым священником на французском языке. Казалось, он тоже надеялся обратить нас в свою веру. Вы, однако, побывали в Италии и, без сомнения, знаете о здешних нравах все.

Погода так изумительна, что я боюсь, как бы древности Рима не привлекли больше внимания, чем лекционные комнаты или собрания Конгресса.

В. Рамзай — О. Массону

1 марта 1908 г., Лондон

У меня все по-старому. Как обычно, я очень занят — чересчур занят. Это — по-прежнему студенты в лаборатории, которых теперь около 38. Это — собрания Химического общества, и подготовка к конгрессу 1909 г.. и научная гильдия, и университет, и полдюжины других вещей, так что время занято довольно утомительными вещами. Чувствую, что должен от ряда занятий освободиться как можно скорей. Это больше, чем я могу вынести, и я действительно нуждаюсь в отдыхе. Могу сообщить о двух интересных событиях. Это — исследование менее летучих осадков при фракционировании 20 тонн жидкого воздуха. Нам помогает американский профессор Моор. Всё, что я могу сообщить сейчас, это то, что большая часть остатка затвердевает: возможно смесь криптона и ксенона, но нельзя исключить и новый элемент, дальше вниз по шкале. Скоро мы узнаем. Эти газы весьма растворимы в воде, что осложняет их изучение. Для этого следует удалить всю воду кипячением, а газы должны быть собраны и очищены. Думаю, что мы получим полтора литра ксенона и около 8—10 литров криптона. Однако в действительном количестве мы сможем убедиться после отделения аргона.

Другое интересное событие — это действие эманации на различные вещества (CO_2 , NH_3). Приготовлен также, нитрат серебра, и через неделю — другую два образца будут готовы для исследования. В Эдинбурге мне помогает в этом Камерон, который оказался первоклассным исследователем.

С. Аррениус — В. Рамзаю

9 июля 1908 г., Стокгольм

Дорогой профессор Рамзай,

Я уже давно должен был Вам ответить на Ваше последнее письмо. Что касается вопроса о кандидатуре В. Крукса на премию Нобеля, то я не могу здесь особенно высказываться, поскольку не принадлежу к Химическому комитету, которому надлежит рассмотреть этот вопрос. Я узнал только, что работа о скандии произвела на многих членов Комитета очень хорошее впечатление, но сомневаюсь, чтобы это могло иметь большое значение для его избрания, поскольку это исследование вряд ли можно считать важным открытием для человечества, как предписывается уставом. А его работа об $\text{Ug} - \text{X}$, по-видимому, имеет не такое уж большое значение для развития плодотворных работ в области радиоактивности, где имеются такие выдающиеся достижения, как результаты Резерфорда, Содди, Эльбрера и Гейделя, Страта и многих других. Правда, я, как посторонний, не знаю, каково об этом мнения Химический комитет, а могу лишь высказать свое собственное мнение.

Наконец-то, кажется, мне скоро удастся повидать Англию, так как, по всей видимости, Конгресс по электричеству состоится в октябре в Лондоне, после того как откладывался в течение двух лет. Мне будет в высшей степени приятно увидеться с Вами и другими милыми друзьями. В начале сентября я поеду в Зальцбург, где обещал

прочитать шесть лекций о «космогонических вопросах» по просьбе моего старого друга Скрауба. Там я встречу также Оствальда, а по пути через Германию — еще много других друзей и знакомых. Это будет, пожалуй, даже слишком много сразу, после того как я два года смирно сидел дома. Весной я немного работал по химии крови, чтобы подтвердить высказанные мною в «Иммунохимии» * взгляды. Результаты получились такие, как я предвидел, а в ноябре я вернусь к этим работам. В промежутке у меня будет, вероятно, очень много дела, с отзывами для физического Нобелевского комитета и затем с международными поездками. Кроме того, у меня, наверное, возьмет известное время постройка нового Физико-химического нобелевского института. Теперь работы там немного приостановились вследствие большой стачки строителей, но можно надеяться, что недоразумения будут устранены к 15 июля. Если все пойдет удачно, то в мае будущего года я надеюсь переехать в новый институт. Там я еще проработаю 15—20 лет в самых приятных условиях, если только, как я рассчитываю, не ухудшится мое здоровье.

У меня и жены все идет хорошо, и надеюсь, что так же обстоит дело у Вас и Вашей супруги. Заканчиваю, с сердечным приветом.

В. Оствальд — В. Рамзау

17 ноября 1908 г.,
Гросс-ботен, дача «Энергия»

Наверняка в природе существует что-то вроде телепатии, т. е., когда Вы начали день тому назад писать свое письмо, я почувствовал, что не могу отделаться от мысли, что должен написать Вам.

Недавно я прочитал ряд работ Фламариона и других и думаю, что было доказано, что некоторые люди могут проецировать свою химическую и механическую энергию на внешний мир и потом трансформировать ее соответственно своим интересам. И вот у меня самого осталось так мало энергии, что я вынужден ограничивать себя только теоретическими рассуждениями.

Вряд ли я могу сообщить что-либо важное, за исключением того, что буду весьма рад побыть с Вами несколько дней. Моя жизнь протекает довольно мирно и поддается лишь сильному влиянию смены сезонов, что особенно заметно в загородных условиях. Я продолжаю писать книги, что, по-видимому, буду делать до конца своей жизни. Я только что предпринял издание справочника по общей химии, состоящего из 15—20 толстых томов и включающего все, что было сделано в разных областях. Я не собираюсь все писать сам и предоставляю предварительную работу молодым коллегам. Планирование и окончательная работа, однако, останутся моей задачей, хотя я сгораю от желания написать чисто развлекательные тома. Это занятие очень похоже на издание книг, которое было выполнено Дюма.

Я пока еще не миллионер и начинаю сомневаться, стану ли им когда-либо. Я, однако, не жалею, но желаю, чтобы мой зять получил что-либо в результате моего самоотверженного труда.

* Имеется в виду книга С. Аррениуса «*Immunochemie*», изданная в 1907 г. — Ю. С., Л. П.

В моей семье все в порядке. Жена очень счастлива, что наша дочь Елизавета остается с нами со своим ребенком, так как доктор Брауер, который должен работать на заводе в Вестфалии, не смог обеспечить для нее приличную квартиру. Так как моя жена повышена в должности до бабушки, для нее началась новая жизнь. Мой старший сын Вольфганг работает преподавателем биологии и весьма гордится своим классом из 17 студентов. Одновременно он является редактором журнала «Zeitschrift für Kolloidchemie». Тем временем Вальтер женился и уже полгода издает технический журнал для мотористов Берлина. Младший сын учится в технической автомобильной школе. Маргарита освободила свою мать от ведения домашнего хозяйства, и она ближе всего ко мне из всех детей. Я просто в восторге от нее.

Как Вы видите, моя жизнь похожа на идиллию. Более того, я ни минуты не жалею, что ушел в отставку из профессуры. Я наблюдаю в самом себе постепенное воздействие возраста на все интеллектуальные и физические качества и спрашиваю себя, как долго жизнь будет еще представлять некоторый интерес.

Сегодня я получил довольно мрачное письмо от Вант-Гоффа. Как Вы знаете, его легкое поражено. Его зять несколько месяцев назад застрелился, и его жена осталась с несколькими детьми. Другая дочь вышла замуж в Балтиморе, старший сын стал студентом, в то время как младший пока еще не знает, кем станет. Таким образом, вечер жизни Вант-Гоффа оказался более беспокойным, чем он заслужил это.

Совершенно естественно, что Вы ничего не написали о наших политических проблемах. Мы, немцы, должны приспособить себя к закону об историческом цикле. Германия сегодняшнего дня значительно ближе подошла к республике, и мы находимся накануне великих раздумий. Тот факт, что Кайзер наградил графа Цеппелина орденом Черного Орла и назвал его величайшим человеком XX века (в 1908 году!), пробудил в нас антагонизм между словами и делами. Будем надеяться, что, если этот антагонизм будет виден каждому, это только послужит на пользу нации. Только те, кто работает в области технологии, еще способны чувствовать самоуважение, те же люди, которые существуют на классическом образовании и юриспруденции, переживают позорные чувства неполноценности и, таким образом, разрушают нашу жизнь.

Большое спасибо за книгу*. Я снова прочитал несколько глав, хотя почти все из них были уже известны. Я благодарю также за интересное описание проводившейся Вами работы. Даже если придется повторить раннюю работу, я тем не менее уверен, что Вы найдете новые и важные факты. В такой новой области каждый шаг вперед и назад должен быть повторен десять раз.

* По-видимому, имеется в виду книга Рамзая «Очерки биографические и химические», опубликованная в 1908 г.— Ю. С., Л. П.

11 ноября 1913 г., Лондон

Вы так быстро отвечаете на мои письма, что все тяготы (сознаю, что это звучит плохо, следовало бы сказать — удовольствие) возобновления переписки лежат на моих плечах. Вот и сейчас перед моими глазами Ваше письмо от 1 апреля, так что совершенно ясно, что моя очередь отвечать...

Если не произойдет каких-либо неожиданных событий в течение ближайших шести недель, можно ожидать возникновения гражданской войны сначала в Ирландии и затем в Англии. Неумное законодательство Ллойда Джорджа, его идея, что бедным можно помочь путем обложения налогом сравнительно обеспеченных, фактически нанесло ущерб рабочему классу. Например, налог на людей нашей с Вами прослойки почти незаметен. В то же время для человека, зарабатывающего 20 шиллингов в неделю, это означает, что его детям придется обойтись без молока. Как бы ни были сложны эти вопросы, их практическое решение многих разочаровало. Думаю, что очень скоро олигархия будет выброшена.

Недавно мы купили загородный домик в 35 милях от Лондона, вместе с двумя акрами территории (сад, луговина и небольшие деревья). Из дома, который является достаточно комфортабельным, прекрасный вид. Я занят оборудованием лаборатории, провожу газ, воду и электроэнергию. Мы надеемся въехать где-нибудь в феврале. Вы обязательно должны приехать и побыть с нами. Будет здорово, если Вы сможете организовать это.

Эксперименты по трансмутации все еще продолжаются. Я подтвердил результат Колли и Паттерсона, что неон и гелий способны взаимопревращаться друг в друга и что результаты зависят от наличия кислорода. Без кислорода обычно получается гелий. С кислородом, используя стекло, можно получить неон и с серой и водородом — аргон. Насколько я понимаю, это совершенно определено. Остаются, однако, еще некоторые неясности относительно образования аргона, источником которого может быть воздух, и я не вижу, каким образом это может быть опровергнуто. В настоящее время мы ставим опыты с селеном и водородом. Прошлым летом было поставлено два эксперимента. В одном из них я измерил зеленые и желтые линии (криптон из селена и водорода), однако они оказались не такими яркими, как следовало ожидать. С того времени наши методы значительно усовершенствовались, и я надеюсь, что проблема будет решена в ближайшем времени...

В сентябре я очень интересно провел время на Конгрессе в Брюсселе, на котором в качестве делегатов присутствовали Оствальд и Якобсон. Нам удалось достичь значительного прогресса по вопросам номенклатуры. В будущем году мы встречаемся в Париже.

25 мая 1914 г., Лондон

Я взялся было прочитать роман Г. Уэллса «Освобожденный мир»; однако сейчас вынужден возвратить эту книгу. Это такая невыносимая чепуха, что я просто не в состоянии одолеть этот роман. На мой взгляд, у писателя гораздо лучше получаются такие произведения, как «Любовь г-на Люишам» или «Мистер Полли», в которых автор описывает тот класс общества, к которому он принадлежит, и делает это мастерски и увлекательно. Пожалуй, можно еще выдержать такое искажение правды, как обращение тяготения. Однако совершенно невыносимо утверждение Уэллса о возможности превращения висмута в золото с огромным выделением энергии. По-видимому, не всегда разумно выдвигать требование о правдоподобности, однако, как я уже сказал, непростительная ошибка книги заключается в том, что она скучна. Ее просто невозможно читать.

Примите, пожалуйста, мои извинения за высказанное мною мнение.

Мне жаль, что наши встречи в текущем году ограничились обедом или официальным собранием. Возможно, в следующий раз нам повезет больше.

Я получил записку от корреспондента «Морнинг пост», г-на Нокса, который пытается организовать поддержку проводимой Рональдом Россом кампании об увеличении оплаты труда научных работников. Со своей стороны, я собираюсь оказать посильную помощь, однако боюсь, что в связи с общей политической ситуацией этот вопрос является весьма второстепенным.

Именной указатель

- Авенариус М. П. 71
 Авогадро А. 60
 Аллен Л. К. 150
 Андерсон Т. 18
 Армстронг Г. 44, 50, 82, 83, 102, 115, 168
 Аррениус С. 29, 80, 82, 83, 190, 207, 231, 232
 Астон Ф. 143, 146

 Байер А. 22, 45
 Барт Л. 26
 Бартлет Н. 149
 Бах А. Н. 194
 Бейльштейн Ф. Ф. 45
 Беккерель А. 161, 183, 224
 Беранже П. 15, 19
 Бернс Р. 10
 Бертло М. 54, 60, 104, 114, 116, 138, 146, 148, 190
 Берцелиус И. Я. 60
 Бешфорд 182
 Бирон Е. В. 146
 Бишоф Г. 26
 Блэк Д. 10, 11, 62, 86, 209, 210
 Бойль Р. 62, 161
 Бокль Г. 9
 Больцман Л. 228
 Боргман И. И. 46
 Браунер Б. 58, 113, 137, 139, 228
 Брукс Г. Т. 179
 Брунтон Т. Л. 181
 Брэдли Р. 149
 Бумстед Г. 179
 Бунзен Р. 19, 76, 107, 116, 205
 Бутлеров А. М. 143
 Буханан А. 13
 Буханан М. (см. Рамзай М.) 33

 Бэкон Р. 68
 Бэли Э. 117, 126, 128, 222, 224

 Вааге П. 31
 Вальден П. И. 41, 59, 194, 199, 209
 Вант-Гофф Я. Г. 40, 45, 49, 77, 80, 82, 116, 190, 233
 Ван-дер-Ваальс Я. Д. 71, 77, 149
 Варбург Е. 76, 100, 219
 Вебстер Д. 229
 Веллингтон А. 192
 Вернадский В. И. 194
 Вилер 179
 Виллар П. 149
 Вильсон Г. 86, 226
 Вильсон Ч. 65
 Вильямс К. 34, 87, 93
 Вильямсон А. 30, 40
 Винклер К. 45, 136, 153
 Витлоу-Грэй Р. 35, 37, 57, 177, 178, 181
 Вокелен Н. 11
 Вольта А. 60, 183
 Вордсворт В. 16
 Вортингтон А. М. 186
 Вроблевский З. Ф. 103
 Вюрц Ш. А. 29, 48

 Габер Ф. 75
 Гальвани Л. 60
 Ган О. 182, 183
 Гейдель 231
 Гей-Люссак Ж. Л. 12, 60
 Гельмгольц Г. 205
 Герц В. 6
 Герц Г. 183, 205
 Гесс Г. И. 60

Гиббс Дж. В. 71
Гизель Ф. О. 224, 225
Гиллебранд В. 110, 115, 219
Гильберт 183
Гледич Д. Г. 172, 173
Годкинс 98
Гораций Ф. 15, 60
Гордон 90
Гофман А. 48, 54, 189
Грантом К. 178
Гроссе А. 150
Гротгус Т. 60
Грэм Т. 11, 16, 60, 196
Губкин И. М. 194
Гульдберг К. 31
Густав Адольф 58
Гутер 149
Гьельт Э. 45

Даль В. С. 52
Дальтон Д. 11
Данн Ж. 179
Дарвин Ч. 15
Дебьерн А. 225
Деверс П. 155
Джонс Г. 73, 78, 80
Джоуль Д. 189
Добби Д. 29, 30, 34
Дорн Е. 162
Дьюар Д. 30, 44, 92, 97, 118, 124,
125, 128, 129, 134, 156, 227
Дэви Г. 16, 60, 192
Дюма 232

Жансен П. 107, 109, 114, 219

Иергенсен С. 45

Кавендиш Г. 11, 34, 59, 62, 86, 87,
90, 91, 93, 95, 209, 210, 219
Кайзер И. 117
Кальете Л. П. 92
Камерлинг Оннес Г. 118
Камерон А. 172, 174 231
Кэндалл Т. Д. 34
Кеезом В. 118, 157
Кекуле А. 26, 48, 143
Келлас А. 106, 107, 222
Кельман 228
Кирхгоф Г. 73, 107
Клаассен Г. 149
Кларк Ф. 56
Клеве П. 114, 117, 220
Ковалевская С. 58

Колли Д. Н. 35, 43, 117, 118,
166, 174, 225, 234
Кольбе Г. 22
Копп Г. 31
Косса 45
Котюков И. И. 75
Крафтс Дж. М. 54
Кромби Е. (бабушка В. Рамзая)
12, 13
Крукс В. 40, 44, 91, 94, 102, 105,
113—115, 140, 142, 143, 231
Кук Г. 155
Кундт Г. 76, 100, 219, 223
Курбатов В. Я. 194
Курнаков Н. С. 194
Кэди Г. П. 155
Кюри М. 57, 161, 164, 172—174,
224
Кюри П. 57, 161, 164, 179, 180,
183

Лабилардые Д. Д. Х. 24
Лавуазье А. Л. 86
Ладенбург А. 45
Лазарев П. П. 194
Ланглет Ч. 114, 117, 220
Ландольт Г. 45
Ленар П. 183
Ле Шателье А. Л. 79, 80
Либих Ю. 22, 75, 205
Линде Г. 122
Линдер С. Е. 42, 84
Ллойд Джордж 201, 234
Лодж О. 50, 81, 97
Локьер Дж. Н. 12, 44, 106—
109, 114, 166, 170, 195, 219,
235

Льюис Г. Н. 67

Люммер О. 229

Мадан Г. Г. 99
Майер Р. 189
Мак Винар 15
Мак Гоуэн Дж. 30, 99, 117, 170
Мак Кендрик Дж. 28, 34, 35
Маковер 179
Мак Фарланд Д. Ф. 155
Мальм Д. 149
Маневриер М. Г. 229
Марквальд В. 172
Матер В. 195
Массон О. 34, 38, 231
Мейер В. 31, 116
Мейер Л. 48, 56

Мейтнер Л. 182
 Меликов П. Г. 60
 Менделеев Д. И. 6, 7, 25, 37, 43—
 46, 48, 49, 56, 57, 71—73,
 84, 92, 136—139, 143, 144, 146,
 147, 192—194, 228
 Меншуткин Н. А. 29, 167
 Метьюз Д. 111
 Миллс Э. 30
 Мильтон Дж. 16
 Миттаг-Леффлер Г. 58
 Мозли Г. 145
 Монд Л. 133
 Моор 231
 Морозов Н. А. 176
 Муассан А. 54, 55, 103—105, 127,
 146, 148
 Муррей Дж. 122
 Мьерс К. Г. 110
 Мэйов Д. 209, 226

Назини Р. 137
 Наполеон 192
 Нернст В. 65, 73, 74, 81
 Никитин Б. А. 149
 Нокс 235
 Ньюландс Дж. 48, 56

Ольшевский К. С. 92, 102, 103,
 118, 134, 227, 228
 Оскар 58
 Оствальд В. 7, 14, 16, 18, 29, 31,
 37, 40, 42, 49, 50, 54, 55, 62—64,
 70, 73, 80—84, 91, 104, 182,
 190, 226, 232, 234
 Оуэнс Р. Б. 224

Павлов И. П. 58
 Пастер Л. 54
 Паттерсон Г. 174, 234
 Паттисон-Мюир М. 14, 22
 Пашен Ф. 106, 115, 116, 139
 Пенни Ф. 18
 Петерсон О. 50
 Перкин (старший) В. Г. 189
 Перкинс П. Б. 179
 Перман Е. 174, 219
 Перрэн Ж. 65
 Петри Ф. 170
 Пикеринг С. 50, 82, 83
 Пикте Р. П. 92
 Пиктон Г. 42, 84
 Пикок Р. Д. 152
 Пиччини А. 137

Плимтон Р. 43
 Полинг Л. 149
 Поуэл Г. М. 149
 Праут В. 87, 143
 Прингшейм Э. 229
 Пристли Дж. 86, 209
 Райс 108
 Рамзай А. (брат отца В. Рамзая)
 12
 Рамзай В. (дед В. Рамзая) 11, 12,
 218
 Рамзай В. (отец В. Рамзая) 12,
 16, 24
 Рамзай В. (сын В. Рамзая) 129
 Рамзай Д. (брат отца В. Рамзая)
 12, 15, 16
 Рамзай М. (Буханан М., жена
 В. Рамзая) 15, 21, 33, 53, 55,
 113, 116, 171
 Рамзай Э. (сестра отца В. Рамзая)
 12
 Рауль Ф. 43, 54, 76, 77, 81
 Резерфорд Д. 86
 Резерфорд Э. 57, 145, 161—164,
 166—168, 171, 174, 176—179,
 181, 207, 209, 224, 231
 Рейнольдс Г. 34
 Ремсен А. 24, 25
 Реньо А. 73
 Ричардсон А. 34
 Ришар Б. 106
 Робертсон К. (мать В. Рамзая)
 12—14
 Розе-Иннс Дж. 31
 Ролланд 227
 Ройдс Д. 167, 174
 Роско Г. 32, 35, 44, 197, 228
 Рунге К. 106, 115, 116, 139
 Рэлей Г. 88—89
 Рэлей Д. 40, 44, 57—59, 78,
 87—95, 97—100, 102—106, 114,
 115, 118, 119, 127, 137, 138,
 140, 209
 Рюкер А. В. 102, 137
 Селиг Г. 149
 Скрауб 231
 Смит А. 10
 Смитхеллс А. 50
 Спенсер Г. 10
 Спенсер Д. 170
 Содди Ф. 57, 60, 145, 162—165,
 167, 168, 175, 181, 183, 210,
 224, 231

Стадников Г. Л. 194
Старлинг 182
Стас Дж. 57
Стил В. Д. 35, 178
Стокс Г. 161
Столетов А. Г. 71
Стони Д. 123, 124, 128
Страт 224, 231

Тейт П. 80
Теннисон А. 16
Тетлок Р. 18, 19
Тилден В. 7, 13, 54, 105, 118
Тимирязев К. А. 176
Тиндаль Д. 30
Томсен Ю. 60, 140
Томсон В. (лорд Кельвин) 19,
20, 30, 42, 44, 72, 101, 102,
108, 109, 116, 161
Томсон Дж. (отец В. Томсона)
12
Томсон Дж. Дж. 143, 207
Томсон Т. 11
Траверс М. В. 7, 18, 33, 35, 41, 43,
54, 117, 122—135, 145, 166, 174,
220, 223
Торпе Т. 45, 180
Трутон Ф. 32
Турнбуль 221, 230

Уатт Д. 10
Уайтхаус 183
Уикс Д. 150
Уокер Д. 83, 126, 128
Уэлс Г. 235

Файф Г. 15—17, 19, 52, 58
Фарадей М. 18, 60, 115, 169, 183,
188, 189
Фаянс К. 145
Фергюсон Д. 17—18
Ферсман А. Е. 194
Фиттинг Р. 21—25, 35, 229, 234
Фитцджеральд В. 50, 82

Фишер Э. 5, 52, 54, 67, 116, 172,
181, 190, 230
Фламмарин 232
Форкранд К. 149
Франкланд Э. 29, 44, 48, 108, 219
Франклин В. 183
Фридель Ш. 52
Фридлендер С. 139

Харкур В. 31
Харли В. 113
Хвольсон О. Д. 173
Хенней Дж. Б. 30, 31
Хобирт Г. 155
Холдинг 226
Хьюнс 202
Хемпсон В. 122, 124, 127, 128,
221, 222

Цеппелин 233

Чандлер-Робертс В. 30
Чугаев Л. А. 199

Швейдлер 224
Шееде К. 86
Шекспир 15, 16
Шлезинг Т. 106, 222
Шильдс Д. 78, 79, 113
Шмидт 224
Штаудеман 228
Штрасман Ф. 182
Шютценберже П. 29, 142, 143

Эванс Ф. 34
Эвбури Е. 58
Эгертон А. 174, 175
Эльбрер 231
Эндрюс Т. 30, 71, 74, 92
Эссон В. 31
Этвеш Л. 77—79

Юм Д. 10
Юнг С. 35, 71—76, 219

Якобсон П. 234

Оглавление

От авторов	5
I	
Жизнь	9
II	
Физико-химические исследования	71
III	
Открытие инертных газов	86
IV	
Работы по исследованию радиоактивности	161
V	
Общественная деятельность	185
Заключение	208
Цитированная литература	211
Литература о В. Рамзае	217
Приложения	218
Последовательность событий (нобелевская речь В. Рамзая)	218
Неопубликованные письма Рамзая, Аррениуса, Ост- вальда Ольшевского, Браунера, Больцмана, Фиттига	226
Именной указатель	236

Юрий Иванович Соловьев, Леонид Петрович Петров

ВИЛЬЯМ РАМЗАЙ

(1852—1916)

Утверждено к печати

Редколлегией научно-биографической серии

Академии наук СССР

Редактор *С. В. Альтшулер*. Художник *С. А. Данилов*

Художественный редактор *В. Н. Тикунов*

Технический редактор *А. М. Сатарова*

Сдано в набор 10/VIII 1971 г. Подписано к печати 2/XI 1971 г.

Формат 84×108¹/₃₂. Бумага № 2. Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 12,4.

Тираж 3600. Т-17663. Тип. зак. 2725. Цена 74 коп.

Издательство «Наука»

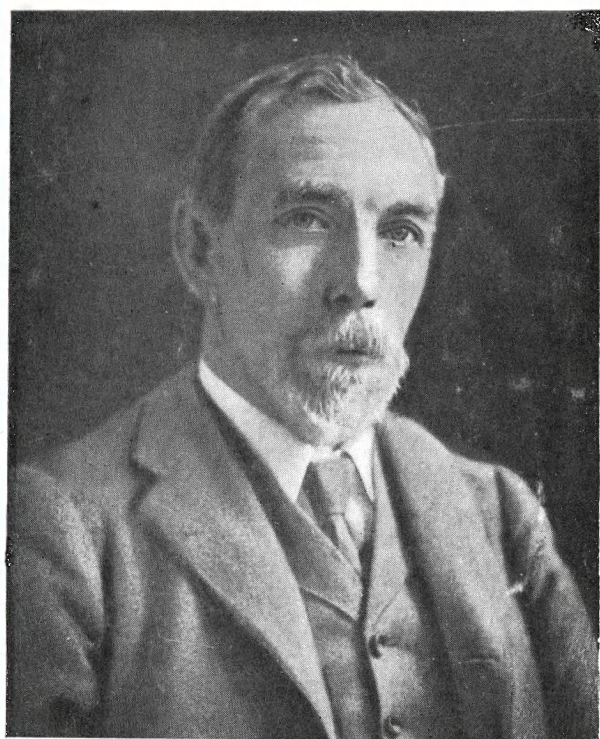
Москва К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука»

Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Ю. И. Соловьев, Л. П. Петров

Вильям РАМЗАЙ



**Вильям
РАМЗАЙ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

В. И. ЕСАФОВ

МИХАИЛ ГРИГОРЬЕВИЧ КУЧЕРОВ

8 л. 60 к.

Имя М. Г. Кучерова — выдающегося химика-органика, открывшего одну из самых распространенных реакций, положенных в основу ряда химических производств, очень широко известно. Но о самом М. Г. Кучерове как ученом и замечательном педагоге известно лишь немногое, — да и из этого немногого, как теперь выясняется, далеко не все соответствует истине.

Автор рисует живой портрет ученого. Он воссоздает картину его жизни, его отношения к науке, к производству, к людям. Все это делается на основе первичных источников — архивных материалов, редких публикаций. Можно сказать что работа В. И. Есафова является образцом не только мастерского освещения научной биографии, но и историко-химического исследования.

Книга рассчитана на химиков, интересующихся историческими основами своей науки, и, в первую очередь, на преподавателей средней и высшей школы.

Если Вы хотите приобрести эту книгу, направляйте Ваши заказы по адресу: Москва, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига»

Цена 74 коп.