

Д. Н. ТРИФОНОВ
А. Н. КРИВОМАЗОВ
Ю. И. ЛИСНЕВСКИЙ

УЧЕНИЕ
О ПЕРИОДИЧНОСТИ

И УЧЕНИЕ
О РАДИОАКТИВНОСТИ

АТОМИЗДАТ-1974

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Периоды	VIII											
	I	II	III	IV	V	VI	VII					
1	(H)											
2	Li Литий 6,941	Be Бериллий 9,01218	B Бор 10,81	C Углерод 12,011	N Азот 14,0067	O Кислород 15,9994	F Фтор 18,99840	Ne Неон 20,179				
3	Na Натрий 22,98977	Mg Магний 24,305	Al Алюминий 26,98154	Si Кремний 28,086	P Фосфор 30,97376	S Сера 32,06	Cl Хлор 35,453	Ar Аргон 39,948				
4	K Калий 39,098	Ca Кальций 40,08	Sc Скандий 44,9559	Ti Титан 47,88	V Ванадий 50,9415	Cr Хром 51,996	Mn Марганец 54,9380	Fe Железо 55,847	Co Кобальт 58,9332	Ni Никель 58,71		
5	Rb Рубидий 85,4678	Sr Стронций 87,62	Y Иттрий 88,9058	Zr Цирконий 91,22	Nb Нюбий 92,90638	Mo Молибден 95,94	Tc Технеций 98,9062	Ru Рутений 101,07	Rh Родий 102,9055	Pd Палладий 106,4		
6	Cs Цезий 132,9054	Ba Барий 137,34	La* Лантан 138,9055	In Индий 114,82	Sb Сурьма 121,75	Te Теллур 127,6	Re Рений 186,2	Os Осмей 190,2	Ir Иридий 192,22	Pt Платина 195,09		
7	Fr Франций [223]	Ra Радий 226,0254	Ac** Актиний [227]	Pb Свинец 207,2	Bi Висмут 208,9804	Po Полоний [209]	At Астат [210]	Rn Радон [222]	Li Литий 6,941 <small>Обозначение элемента 3 - Атомный номер Атомная масса</small>			
8	Ce Церий 140,12	Nd Неодим 144,24	Pm Прометий [145]	Eu Европий 151,96	Gd Гадолиний 157,25	Tb Тербий 158,9254	Dy Диспрозий 162,50	Ho Гольмий 164,9304	Er Эрбий 167,26	Tm Тулий 168,9342	Yb Иттербий 173,04	Lu Лютеций 174,97
9	Th Торий 232,0381	U Уран 238,029	Np Нептуний 237,0482	Am Америций [243]	Cm Кюрий [247]	Bk Берклий [247]	Cf Калифорний [249]	Es Эйнштейний [251]	Fm Фермий [257]	Md Менделевий [258]	No Нобелий [259]	Lr (Лоуренсий) [260]

* Л А Н Т А Н О И Д Ы
** А К Т И Н И Д Ы

Точность последних цифр ±1 или ±3 (если выделена мелким шрифтом).
В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.

Д. Н. ТРИФОНОВ
А. Н. КРИВОМАЗОВ
Ю. И. ЛИСНЕВСКИЙ

УЧЕНИЕ
О ПЕРИОДИЧНОСТИ

И УЧЕНИЕ
О РАДИОАКТИВНОСТИ

КОММЕНТИРОВАННАЯ ХРОНОЛОГИЯ
ВАЖНЕЙШИХ СОБЫТИЙ



МОСКВА АТОМИЗДАТ 1974

Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И. **Учение о периодичности и учение о радиоактивности** (комментированная хронология важнейших событий). М., Атомиздат, 1974, 248 с.

Настоящая книга — своеобразный справочник важнейших открытий в области учения о периодичности и учения о радиоактивности. В хронологическом порядке (с 1869 по 1974 год) кратко прокомментированы работы ученых разных стран, внесших заметный вклад в развитие этих учений.

Книга предназначена для широкого круга специалистов — физиков и химиков, историков естествознания, преподавателей высших и средних учебных заведений.

КОММЕНТИРОВАННАЯ ХРОНОЛОГИЯ ВАЖНЕЙШИХ СОБЫТИЙ

Настоящая работа представляет первую попытку создания краткой комментированной хронологии важнейших событий в области, относящейся к последовательному развитию исследований строения и свойств материи. Эта область настолько обширна, что даже простое перечисление публикаций, хотя бы за исторически сравнительно короткий период, потребовало бы нескольких объемистых томов. Поэтому задача была ограничена и основное внимание было направлено на отбор научных достижений в последовательной эволюции двух фундаментальных направлений — учения о периодичности и учения о радиоактивности.

Развитие именно этих учений в конечном счете способствовало разработке наиболее важных современных представлений о строении и свойствах материи, в первую очередь, — понятий «элемент», «изотоп», «атом», «атомное ядро» и закономерностей, управляющих их поведением и свойствами.

Сравнительно-исторический анализ эволюции названных учений позволяет обнаружить много линий взаимосвязей между ними, хотя одновременно можно говорить и о вполне обособленном, самостоятельном развитии каждого из них. Можно далее констатировать, что учение о периодичности в известной степени является даже более общим. В самом деле, целесообразно говорить о трех уровнях развития учения о периодичности. Д. И. Менделеев установил принцип периодичности по отношению к химическим элементам; это было начало химического уровня развития учения о периодично-

сти. Физическое обоснование закона периодичности, создание формальной теории периодической системы привело к обоснованию явления электронной периодичности, т. е. к выявлению периодической повторяемости сходных типов электронных конфигураций атомов по мере роста Z . Это подняло учение о периодичности на новый уровень — электронный, или атомный. Наконец, изучение изотопии, разработка первых систематик изотопов, установление явления нуклонной периодичности означали переход учения о периодичности на нуклонный, или ядерный уровень. Мы можем, таким образом, рассматривать учение о периодичности как бы в трех плоскостях: на уровне химических элементов, на уровне их атомов и на уровне атомных ядер.

Переход от одного уровня к следующему сопровождался все более глубоким пониманием причин периодичности: 1) периодичность является следствием закономерностей «внутренней механики атомов и частиц» (Д. И. Менделеев); 2) периодичность основана на закономерностях формирования электронных конфигураций атомов, т. е. на определенной специфике построения атомных моделей; 3) периодичность есть свойство, заложенное в атомном ядре.

Чрезвычайно важно заметить, что переход учения о периодичности на электронный и далее на ядерный уровень самым непосредственным образом связан с успехами многоплановых исследований явления радиоактивности, т. е. с эволюцией учения о радиоактивности. В свою очередь, развитие представлений о структуре периодической системы во многих случаях способствовало правильному решению проблем, возникавших в русле изучения радиоактивности, или, во всяком случае, их более четкой формулировке и оценке.

При решении задачи, поставленной авторами, весьма трудным оказалось установление критерия отбора публикаций, использование и комментирование которых было бы безусловно необходимым, особенно если учесть, что число таких публикаций измеряется многими тысячами. Сказать, что был установлен более или менее однозначный критерий, — означало бы погрешить против истины. По всей вероятности, идеального критерия вообще не существует, и при любых попытках создания подобных сводок он всегда будет носить в той или иной степени субъективный характер.

Разумеется, определенный субъективизм присутствует и в настоящей работе. Поэтому авторы считают совершенно необходимым объяснить основные принципы, положенные ими в основу составления комментированной хронологии. Эти принципы заключаются в следующем.

1. Возможно более полное освещение и комментирование работ, относящихся к непосредственному возникновению учения о периодичности и учения о радиоактивности и к первым шагам развития этих учений.

2. Подробное освещение и комментирование исследований, которые представляют наиболее существенные вехи в эволюции представлений о периодичности и радиоактивности.

3. Выявление определенных линий последовательной логики развития исследований, причем далеко не всегда можно говорить о четком разграничении этих линий, вследствие неизбежного их пересечения, которое становится особенно заметным уже в конце первого десятилетия XX века. Поэтому приводимое ниже перечисление выделенных линий можно рассматривать лишь как каркас построения хронологии, но отнюдь не как детализированную схему.

По отношению к эволюции учения о периодичности отбирались исследования, развивавшиеся по следующим основным направлениям:

1) эволюция представлений о структуре периодической системы на химическом уровне учения о периодичности (открытие новых элементов; уточнение места известных элементов или их совокупностей в системе; попытки прогнозирования неизвестных элементов и их свойств; некоторые, наиболее реалистичные, формы графического изображения системы; первые атомные модели; попытки объяснения явления периодичности и т. п.);

2) эволюция представлений о структуре системы на электронном уровне (физическое обоснование закона периодичности; обоснование модели атома; создание формальной теории периодической системы; развитие квантовомеханических представлений; синтез новых элементов, прогнозирование электронных конфигураций и основных свойств гипотетических элементов с большими Z и т. д.);

3) возникновение и развитие представлений о нуклонной периодичности; эволюция идеи об «островках относительной стабильности».

Основные события в развитии учения о радиоактивности группировались вокруг следующих направлений:

1) первоначальные исследования радиоактивности и выявление важнейших путей их развития (типы радиоактивных распадов; свойства излучений; механизм радиоактивных превращений; открытие радиоэлементов; первые представления о семействах радиоактивных превращений и т. д.

2) исследования, приведшие к установлению связи радиоактивных семейств с периодической системой элементов, к установлению правил сдвига и формулировке понятия изотопии;

3) эволюция представлений о строении ядер;

4) исследования по искусственному превращению атомных ядер; открытие нейтрона; открытие искусственной радиоактивности; обнаружение новых видов радиоактивных превращений;

5) важнейшие закономерности, управляющие поведением атомных ядер и т. д.

4. Каждое отобранное научное событие комментируется следующим образом:

1) указывается автор (или авторы) открытия и страна, где это открытие сделано (однако имеют место случаи, когда важная идея, принадлежащая тому или иному ученому, была высказана им во время поездки за границу или во время пребывания в другой стране);

2) кратко излагается существо открытия, причем иногда указывается его связь с предыдущими или определенное влияние на последующие открытия;

3) приводится, как правило, ссылка на первую публикацию о данном открытии с названием работы на языке оригинала; иногда приводится точная дата публикации или дата поступления работы в редакцию журнала.

По мнению авторов, составление комментированных хронологий важнейших событий в эволюции различных научных дисциплин и направлений является весьма целесообразным, поскольку может служить хорошим ориентиром и необходимым справочным материалом при историко-научных исследованиях, а также для ознакомления широкого круга читателей с основными веками эволюции того или иного учения.

Разумеется, настоящая попытка не лишена недостатков. Конечно, некоторые интересные и важные публикации могли оказаться вне поля зрения, но это лишь свидетельство того, как трудны благие намерения объять необъятное. Авторы с благодарностью примут все критические замечания.

Книга подготовлена сотрудниками проблемной группы «История учения о периодичности», работающей в Институте истории естествознания и техники АН СССР, причем Д. Н. Трифоновым было написано предисловие, отобраны и прокомментированы работы, относящиеся к 1869—1895 и 1935—1974 гг., А. Н. Кривомазовым — к 1896—1913 гг., Ю. И. Лисневским — к 1914—1934 гг.

Авторы считают своим долгом поблагодарить сотрудника названной группы А. Н. Вяльцева, который прокомментировал важнейшие работы, касающиеся прогнозирования «островков относительной стабильности», электронных конфигураций атомов «сверхэлементов» и дал много ценных советов.

В конце книги приведена библиография важнейших работ по истории учения о периодичности и учения о радиоактивности. В основном получили отражение исследования последних 20—25 лет.

1869—1974 гг.

1869

Д. И. Менделеев (в России) разработал первый вариант системы химических элементов, в который, по его словам, были вложены «первые мысли о периодичности». Этот день — 1 марта (17 февраля по ст. ст.) считается датой открытия закона периодичности. Таблица, составленная Д. И. Менделеевым, носила название «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве».

В начале марта Д. И. Менделеев работал над статьей «Соотношение свойств с атомным весом элементов», которая явилась первым изложением его идей о явлении периодичности. Основной вывод из статьи заключался в том, что «элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств».

14 марта Д. И. Менделеев передал текст своей статьи Н. А. Меншуткину для напечатания в «Журнале Русского химического общества» и разослал многим русским и иностранным ученым отписки «Опыта системы...».

19 марта на заседании Русского химического общества Н. А. Меншуткин от имени Д. И. Менделеева сообщил содержание статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов».

В конце марта вышел в свет 2-й выпуск «Основ химии» Д. И. Менделеева с приложением «Опыта системы...».

Менделеев Д. И. Основы химии. Ч. 1, вып. 2. Спб., 1869, с. IV.

В мае в «ЖРХО» была напечатана статья Д. И. Менделеева «Соотношение свойств с атомным весом элементов», к которой был приложен «Опыт системы...».

Менделеев Д. И. Соотношение свойств с атомным весом элементов. — «ЖРХО», 1869, т. 1, вып. 2—3, с. 60—77.

4 сентября на 2-ом Съезде русских естествоиспытателей и врачей Д. И. Менделеев сделал доклад «Об атомном объеме простых тел», в котором обосновал положение, что атомные объемы простых веществ являются периодической функцией атомных весов.

Менделеев Д. И. Об атомном объеме простых тел. — В кн.: Труды 2-го Съезда русских естествоиспытателей и врачей в Москве. Ч. 1, отд. 2, 1870, с. 62—71.

15 октября на заседании Русского химического общества Д. И. Менделеев сделал сообщение «О количестве кислорода в соляных окислах и об атомности элементов», в котором обосновал положение, что высшая валентность (атомность) элемента в солеобразующем окисле есть периодическая функция атомного веса. Д. И. Менделеев впервые отметил, что место урана в системе элементов между кадмием и оловом «по многим соображениям» является неверным.

Менделеев Д. И. О количестве кислорода в соляных окислах и об атомности элементов. — «ЖРХО», 1870, т. 2, вып. 1, с. 14—21.

В конце года В. Добровольский (в России) опубликовал книгу «Материалы для химии бора и его соединений», в которой содержится упоминание о законе периодичности.

Добровольский В. Материалы для химии бора и его соединений. Спб., 1869.

И. Гитторф (в Германии) обнаружил новый вид лучей, которые впоследствии были названы катодными.

Hittorf I. Über die Elektrizitätstellung der Gase.— «Ann. Phys.», 1869, Bd 1, S. 136—157.

Н. Локьер и Э. Франкланд (во Франции) провели анализ спектров солнечной хромосферы, полученных при наблюдении солнечного затмения в августе 1868 г. Н. Локьером и Ж. Жансенем. Авторы отметили, что «около линии О имеется линия, видимая в спектре хромосферы, которой не соответствует ни одна фраунгоферова линия». Это было первое указание, что на Солнце возможно присутствие элемента, неизвестного на Земле.

Loquier N., Francland E. Recherches sur les spectres gazeux dans leurs rapports avec l'étude de la constitution du soleil. — «Compt. rend.», 1869, v. 68, p. 420.

1870

В марте вышел в свет 3-й выпуск «Основ химии» Д. И. Менделеева. Рассматривая уран вместе с семейством железа, Д. И. Менделеев высказал предположение, что следует «вес атома урана увеличить в два раза и положить $U = 240$ », и наметил программу исследований для проверки этого предположения. Д. И. Менделеев высказал также мысль, что ранее определенное значение атомного веса лантана необходимо увеличить в 1,5 раза.

Менделеев Д. И. Основы химии. Вып. 3. Спб., 1870, с. 188, 381.

Летом — в начале осени Д. И. Менделеев окончательно пришел к выводу о необходимости изменить атомные веса индия, церия, урана, тория и иттрия и о целесообразности иного размещения названных элементов в системе. Ученый приступил к написанию сводной статьи «К системе элементов», которая впоследствии была разделена на две: «О месте церия в системе элементов» и «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов».

6 декабря Д. И. Менделеев закончил статью «О месте церия в системе элементов», в которой доказал необходимость изменения атомных весов индия, урана, церия и его спутников, поскольку, по словам Д. И. Менделеева, «эти элементы не подходят или по форме своих окислов, или по своим свойствам под законность, указанную мною». В русском черновике статьи Д. И. Менделеев впервые употребил термин «закон периодичности». К статье приложен вариант системы элементов, в котором намечены контуры короткой формы ее графического изображения.

M e n d e l e e f f D. Über die Stellung des Ceriums im System der Elements.— «Melanges phys. chim., St.—Pet. Buchdruckerei Acad. Wiss.», 1871, S. 445—454.

11 декабря Д. И. Менделеев закончил статью «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов». Система элементов впервые названа естественной и впервые же употреблено понятие «закон периодичности». К статье приложена короткая форма графического изображения системы. Получило четкое определение понятие «место элемента в системе». В статье Д. И. Менделеев предсказывал существование нескольких еще неоткрытых элементов: экабора, экаалюминия и экасилиция (с подробной характеристикой их возможных свойств); элемента, аналогичного теллуру, с атомным весом, большим, чем у висмута; элементов седьмого периода (принадлежащих к первой, второй, третьей и пятой группам системы).

М е н д е л е е в Д. И. Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов.— «ЖРХО», 1871, т. 3, вып. 2, с. 25—56.

Л. Мейер (в Германии) опубликовал статью «Природа химических элементов как функция их атомных весов», в которой дал графическое изображение зависимости атомных объемов от атомных весов элементов (так называемая кривая Лотара Мейера). Л. Мейер констатировал, что «свойства элементов в большинстве случаев являются периодическими функциями атомного веса: те же или сходные свойства повторяются, когда атомный вес увеличивается на определенную величину». В статье Л. Мейер помещает таблицу

элементов, по его словам, «в существенных чертах тождественную той, которую дает Менделеев».

Meyer L. Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte.—«Ann. Chem. Pharm.», 1870, VII (Suppl. Bd), S. 354.

1871

В апреле Д. И. Менделеев закончил статью «К вопросу о системе элементов», в которой впервые назвал свою систему элементов периодической: «было бы правильнее назвать мою систему периодической, потому что она вытекает из периодического закона...».

Mendeleeff D. Zur Frage über das System der Elemente.—«Berichte», 1871, Bd 4, S. 348—352.

В июле Д. И. Менделеев завершил работу над своей главной статьей, посвященной основным положениям учения о периодичности, — «Периодическая законность химических элементов». Позднее, в 1899 г., он дал ей такую характеристику: «Это лучший свод моих взглядов и соображений о периодичности элементов и оригинал, по которому писалось потом так много про эту систему». В статье Д. И. Менделеев рассмотрел следующие важнейшие направления учения о периодичности: 1) сущность закона периодичности; 2) применение закона периодичности к систематике элементов; 3) применение закона периодичности к определению атомных весов малоисследованных элементов; 4) применение закона периодичности к определению свойств еще не открытых элементов; 5) применение закона периодичности к исправлению атомных весов; 6) применение закона периодичности к дополнению сведений о формах химических соединений. Впервые Д. И. Менделеев привел каноническую формулировку закона периодичности: «Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса». Д. И. Менделеев впервые четко формулирует мысль об ограниченности числа «доступных нам элементов».

Mendeleeff D. Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente.—«Ann. Chem. Pharm.», 1871, VIII (Suppl. Bd), S. 133—229.

1874

П. Лекок де Буабодран (во Франции), систематизировав большой фактический материал, впервые представил полное описание спектров многих металлов.

Lecoq de Boisbaudran P. Spectres Lumineux. V. 1. Paris, 1874.

А. Вюрц (во Франции) опубликовал книгу «Атомическая теория», в которой освещалась, в частности, периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Д. И. Менделеев писал: «Считаю со своей стороны, что Вюрц много способствовал популяризации моей системы элементов».

Wurtz A. La théorie atomique. Paris, 1874.

1875

20 сентября П. Лекок де Буабодран (во Франции) на заседании Парижской академии наук заявил об открытии в цинковой обманке нового элемента, предложив назвать его галлием. Ученый дал обзор важнейших свойств галлия, которые позволяли считать, что галлий — это предсказанный Д. И. Менделеевым экаалюминий.

Lecoq de Boisbaudran P. Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau métal, le Gallium, découvert dans une blende de la mine de Pierrefite, vallée d'Argeles (Pyrenees). — «Compt. rend.», 1875, v. 81, p. 493—495.

4 ноября Д. И. Менделеев на заседании Русского физического общества сделал сообщение об открытии галлия П. Лекоком де Буабодраном, считая галлий тождественным экаалюминию.

Менделеев Д. И. <Реферат сообщения>. — «ЖРХО и ФО», 1875, т. 7, вып. 9, ч. физ., отд. 1, с. 337.

6 ноября Д. И. Менделеев сделал сообщение о галлии на заседании Русского химического общества, в котором отметил, что галлий «как по способу открытия (спектром от искр), так и по свойствам... совпадает с должествующим существовать экаалюминием, свойства которого были указаны четыре года назад... на основании периодического закона». В

сообщении указывалось, что плотность галлия должна быть 5,9.

Менделеев Д. И. <Реферат сообщения>. — «ЖРХО и ФО», 1875, т. 7, вып. 9, ч. хим., отд. 1, с. 316.

В конце года Д. И. Менделеев опубликовал «Заметку по поводу открытия галлия», где подробно описал свойства экаалюминия, предсказанного им на основании закона периодичности. Д. И. Менделеев высказал также предположение, что «открытие экасилиция $Es = 72...$ не замедлит осуществиться».

Mendelejev D. Remarques à propos de la découverte du gallium. — «Compt. rend.», 1875, v. 81, p. 969—972.

1876

П. Лекок де Буабодран (во Франции) опубликовал сообщение, в котором указал, что первоначально найденное им значение плотности галлия (4,7) неверно. При этом он сослался на расчеты Д. И. Менделеева, дававшие значение плотности 5,9. Улучшив технику эксперимента, П. Лекок де Буабодран «получил более высокие плотности ..., варьирующие от 5,5 до 6,2». Ученый констатировал: «Я полагаю, что нет нужды настаивать на исключительной важности теоретических взглядов г. Менделеева относительно плотности нового элемента».

Lecoq de Boisbaudran P. Nouvelles recherches sur le gallium. — «Compt. rend.», 1876, v. 82, p. 1036—1039.

1877

Д. И. Менделеев закончил подготовку третьего издания «Основ химии», в которое впервые была введена специальная глава, посвященная закону периодичности и периодической системе элементов.

Менделеев Д. И. Основы химии. Ч. 2. Изд. 3-е. Спб., 1877.

1878

Ш. Мариньяк (в Швейцарии) сообщил об открытии нового редкоземельного элемента, которому дал название иттербий (Yb).

Marignac Ch. Sur l'ytterbine, nouvelle terre contenue dans la gadolinite. — «Compt. rend.», 1878, v. 87, p. 578—581.

Л. Нильсон и О. Петтерссон (в Швеции) сделали попытку решить вопрос об атомном весе бериллия посредством определения теплоемкости металла. Полученные результаты привели ученых к выводу о том, что бериллий следует отнести к III группе периодической системы.

Nilsson L., Pettersson O. Om berylliums specifika värme.—«Ofversigt af K. Vetens.—Akad. Förhand.», 1878, Nr. 3, S. 41—50.

1879 Л. Нильсон (в Швеции) открыл новый химический элемент скандий (Sc).

Nilsson L. Om Skandium.—«Ofversigt af K. Vetens.—Akad. Förhand.», 1879, No. 7, S. 3—10; Sur le scandium, élément nouveau.—«Compt. rend.», 1879, v. 88, p. 645—648.

П. Клеве (в Швеции) показал, что скандий по своим свойствам идентичен предсказанному Д. И. Менделеевым экабору.

Cleve P. Sur le scandium.—«Compt. rend.» 1879, v. 89, p. 419—422.

П. Клеве (в Швеции) открыл два новых редкоземельных элемента — гольмий (Ho) и тулий (Tl).

Cleve P. Sur deux nouveaux éléments dans l'erbине.—«Compt. rend.», 1879, v. 89, p. 478—481.

П. Лекок де Буабодран (во Франции) открыл новый редкоземельный элемент самарий (Sm).

Lecoq de Boisbaudran P. Nouvelles raies extraites de la samarskite.—«Compt. rend.», 1879, v. 88, p. 322—324.

1880 Л. Мейер (в Германии) после серии экспериментальных исследований сделал вывод о двухвалентности бериллия и нашел его атомный вес равным 9,1. Работа Мейера сыграла важную роль в дискуссии о месте бериллия в периодической системе.

Meyer L. Über das Atomgewicht der Berylliums.—«Berichte», 1880, Bd 13, S. 1780—1786.

В октябре на заседании отделения химии Русского физико-химического общества Д. И. Менделеев выступил с сообщением «О редких металлах и периодическом законе». В этом сообщении Менделеев остановился на открытии скандия Л. Нильсоном и отметил тождественность предсказанных свойств экабора и свойств скандия.

Менделеев Д. И. <О редких металлах и периодическом законе>. — «ЖРФХО», 1881, т. 13, вып. 8, с. 517—520.

1881

Г. Гельмгольц (в Германии) в своей лекции, прочитанной в Лондонском химическом обществе, высказал следующую идею: «Если мы принимаем гипотезу о том, что элементарные вещества состоят из атомов, то мы не можем не прийти к выводу, что и электричество, как положительное, так и отрицательное, состоит из определенных элементарных порций, ведущих себя подобно атомам электричества».

Helmholtz H. On the modern development of Faraday's conception of electricity. — «J. Chem. Soc.», 1881, v. 39, p. 277—304.

1882

Т. Бейли (в Англии) предложил «лестничный» вариант таблицы элементов, который является своеобразным прототипом варианта Ю. Томсена и, по-видимому, первой четко оформленной «лестничной» формой таблицы. Вариант Бейли состоял из двух коротких рядов, содержащих по 7 элементов (Li — F и Na — Cl); двух длинных, включающих по 17 элементов (K — Br, Rb — I), и одного, еще более длинного, состоящего предположительно (в нем было много прочерков, которые Бейли пытался отождествлять с еще не открытыми элементами) из 31 элемента (Cs — U). Таким образом, длины периодов в варианте Бейли (без учета благородных газов) совпадали с современными. Сходство, существующее между типическими элементами и элементами главных подгрупп, с одной стороны, и побочных, — с другой, также было отражено в таблице Бейли. Возможное число редкоземельных элементов было, однако, неоправданно ограничено.

Bayley T. On the connexion between the atomic weight and the chemical and physical properties of elements. — «Phil. Mag.», 1882, ser. 5, v. 13, p. 26.

А. М. Бутлеров (в России) опубликовал статью «Заметка об атомных весах», в которой изложил соображения, заставляющие, по его мнению, «сомневаться в абсолютном постоянстве атомных весов» элементов. Бутлеров считал, что «нет причины принимать такое постоянство аргюги». Таким образом, Бутлеров выдвинул гипотезу о колебаниях атомных весов, т. е. допускал для того или иного химического элемента изменчивость (в определенных пределах) атомного веса. Данная гипотеза может рассматриваться как косвенное предвидение явления изотопии.

Бутлеров А. М. Заметка об атомных весах.— «ЖРФХО», 1882, т. 14, вып. 5, с. 208—212.

К. Циммерман (в Германии) опубликовал работу, обобщающую исследования по химии урана.

Zimmerman C. Untersuchungen über das Uran. München, 1882.

1884

Л. Нильсон и О. Петтерссон (в Швеции), проводя точные исследования плотности паров хлорида бериллия, пришли к выводу, что его формула — BeCl_2 . Тем самым было окончательно доказано место бериллия во второй группе периодической системы.

Nilsson L., Pettersson O. Über die Dampfdichte des Chlorberylliums.— «Berichte», 1884, Bd 17, S. 987.

Т. Карнелли (в Англии) рассмотрел связь некоторых физических свойств неорганических соединений с законом периодичности.

Carnelley Th. The periodic law as illustrated by certain physical properties of inorganic compounds.— «Phil. Mag.», 1884, v. 18, p. 1—22.

Т. Карнелли (в Англии) опубликовал статью «Периодический закон и распространенность элементов в природе».

Carnelley Th. The periodic law and the occurrence of the elements in nature.— «Phil. Mag.», 1884, v. 18, p. 194—200.

1885

К. Ауэр фон Вельсбах (в Австрии) доказал, что редкоземельный элемент дидим в действительности является смесью двух элементов. Ученый дал им названия празеодим (Pr) и неодим (Nd).

Auer von Welsbach C. Die Zerlegung des Didyms in seine Elements.— «Berichte», 1885, Bd 18, S. 605.

И. Ридберг (в Швеции) впервые обратил внимание на то, что истолкование периодического изменения свойств элементов как функции их атомных весов сталкивается с серьезными трудностями, поскольку сами атомные веса не могут рассматриваться в качестве независимой переменной.

Rydberg I. Om de kemiska Grundämnenas periodiska sistem.— «Bihang. till. K. Svenska Vet.— Akad. Handlingen», 1884, Bd 10, Nr. 2, S. 3—31.

И. Бальмер (в Швейцарии) показал, что длины волн линий в спектре водорода могут быть определены с помощью следующего простого соотношения:

$$\lambda = h \frac{m^2}{m^2 - n^2},$$

где m и n — целые числа (причем $n = 2$, $m = 3, 4, 5, 6$), h — некоторая константа (по терминологии Бальмера, «основное число»). Формула Бальмера послужила образцом для всех последующих спектральных формул и лежит в основе теории спектральных линий.

В настоящее время формула Бальмера записывается так:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

где R — так называемая постоянная Ридберга, равная $109677,8 \text{ см}^{-1}$.

Balmer I. Notiz über die Spectrallinien des Wasserstoff.— «Ann. Phys. Chem.», 1885, Bd 25, S. 80—86.

1886

К. Винклер (в Германии) в минерале аргиродите открыл новый элемент, которому дал название германий — Ge (менделеевский эксилиций). Винклер писал: «Произведенный мною анализ аргиродита показал, что содержание ртути в нем не более 0,21%, серебра ... от 73 до 75%, серы — от 17 до 18%; кроме того имеются весьма незначительные количества железа и следы мышьяка. Как бы многочисленны ни были анализы ..., в результате оказывалась всегда потеря в 6—7%, а недостающего тела нельзя было найти, применяя обыкновенный ход качественного анализа.

... Я могу в настоящее время утверждать, что в состав аргиродита входит новый элемент, по одним свойствам весьма схожий с сурьмой, по другим — резко от нее отличающийся».

По мнению Винклера, новый элемент «представляет недостающий член между сурьмой и висмутом в периодической системе».

W i n k l e r K. Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element.— «Berichte», 1886, Bd 19, S. 210—211.

П. Лекок де Буабодран (во Франции) открыл новый редкоземельный элемент диспрозий (Dy).

Lecoq de Boisbaudran P. Sur le dysprosium.— «Compt. rend.», 1886, v. 102, p. 1005—1006.

П. Лекок де Буабодран (во Франции) открыл новый редкоземельный элемент гадолиний (Gd).

Lecoq de Boisbaudran p. Sur le gadolinium.— «Compt. rend.», 1886, v. 102, p. 902.

В. Крукс (в Англии) четко сформулировал идею о том, что атомы одного и того же элемента могут быть по значению атомных весов неодинаковыми. Ученый указал: «Если мы говорим, например, что атомный вес кальция равен 40, мы выражаем тот факт, что большинство атомов кальция в действительности имеют атомный вес 40, но не исключена возможность, что некоторые имеют вес 39 или 41 и еще мень-

шее количество — 38 и 42 и т. д.». В этих словах фактически содержится предвидение изотопии.

Крукс В. О происхождении химических элементов. Спб., 1886.

И. Ридберг (в Швеции) обратил внимание на то, что атомные веса многих элементов могут быть выражены (приблизительно) формулами $4m$ и $4m + 3$, где m — целое число.

Rydberg I. Die Gesetze der Atomgewichtszahlen.— «Bihang. till. K. Svenska Vet.—Akad. Handlingen», 1886, Bd 11, Nr. 13, S. 3—18.

Э. Гольдштейн (в Германии) при изучении свойств катодных лучей использовал в качестве катода в разрядной трубке металлический диск с отверстиями. Ученый наблюдал слабо светящиеся лучи, выходящие из этих отверстий в направлении, противоположном аноду. Новые лучи получили название каналовых.

Goldstein E. Über eine noch nicht untersuchte Strahlungsform an der Kathode, induktierter Entladungen.— «Berlin. Sitzungsber.», 1886, Bd 39, S. 691—699.

1887

К. Винклер (в Германии) опубликовал работу, посвященную изучению германия. Из описания свойств элемента следовало, что он подобен предсказанному Менделеевым экасилицию.

Winkler K. Mitteilungen über das Germanium.— «J. prakt. Chem.», 1887, Bd 34, S. 177—209.

А. И. Базаров (в России) рассмотрел вопрос, представляют ли атомные веса «бессвязный ряд чисел или между этими числами существует какое-нибудь правильное соотношение». Анализируя ход изменения атомных весов элементов в периодической системе, Базаров пришел к следующим выводам: 1) возрастание атомных весов элементов происходит с переменной интенсивностью, причем меньший коэффициент возрастания чередуется с большим и обратно, но при этом как малые, так и большие коэффициенты постепенно уменьшаются; 2) возрастание атомных весов анало-

гичных элементов различных периодов уменьшается по мере увеличения атомных весов, причем значительное уменьшение чередуется с менее значительным.

Базаров А. И. Об атомных весах элементов. — «ЖРФХО», 1887, т. 19, ч. хим., с. 61—73.

1888

В. Крукс (в Англии) развил идею о неоднородности атомов (см. с. 19, 20), опираясь на работы по

разделению редких земель. Он разделил иттрий на несколько компонентов, сходных по химическим свойствам, но имеющих различные спектры фосфоресценции. По мнению Крукса, «здесь мы имеем так называемый элемент, спектр которого испускается неодинаково различными его атомами; некоторые атомы образуют одни, другие атомы — другие линии или полосы общего элемента. Следовательно, атомы этого элемента, возможно, отличаются по весу и, конечно, в своих внутренних движениях». Ученый назвал подобные компоненты мета-элементами и высказал предположение, что эта идея может быть применена ко всем элементам. Нецелочисленность атомных весов элементов он объяснил тем, что каждый элемент состоит из смеси мета-элементов, содержащихся в разных пропорциях.

Наиболее важным выводом было то, что Крукс предложил пересмотреть понятие «химический элемент» и заменить его понятием «элементарная группа», причем, по мнению Крукса, элементарные группы «должны занять место старых элементов в периодической системе». Таким образом, Крукс впервые связал представление о разновидностях атомов химического элемента с его местом в системе. Здесь мы видим наиболее близкое приближение к предвидению изотопии.

Crookes W. Elements and meta-elements. — «Trans. Chem. Soc.», 1888, v. 53, p. 487—504.

1889

31 мая Д. И. Менделеев выступил в Лондонском королевском институте с чтением на тему «Попытка приложения к химии одного из начал естественной философии Ньютона». Менделеев сделал попытку рассмотреть

атомный вес и атомность элементов с позиций третьего начала ньютоновской механики.

Менделеев Д. И. Два Лондонских чтения. Спб., 1895.

4 июня состоялось Фарадеевское чтение Д. И. Менделеева в Британском химическом обществе: «Периодическая законность химических элементов».

Менделеев Д. И. Два Лондонских чтения. Спб., 1895.

1890 И. Ридберг (в Швеции) доказал, что в спектрах большого числа элементов существуют серии линий с длинами волн, приближенно выражающимися формулой

$$\frac{1}{\lambda n} = A - \frac{R}{(n + \alpha)^2},$$

где A и α — постоянные, характерные для данной серии; R — универсальная постоянная, равная постоянной водородного спектра (постоянная Ридберга).

Rydberg I. On the structure of line-spectra of the chemical elements.— «Phil. Mag.», 1890, v. 29, p. 331.

1891 Г. Стони (в Ирландии) ввел термин «электрон», полагая, что электрон «соответствует в химическом атоме каждой связи».

Stoney G. On the cause of double lines and of equidistant satellites in the spectra of gases.— «Scient. Trans. Roy. Dublin Soc.», 1891, ser. 2, v. 4, p. 503—608.

1894 В. Стрэтт (Рэлей) (в Англии) обсудил проблему аномальной плотности азота (статья от 19 апреля) и предположил, что расхождение объясняется либо неполным удалением более тяжелого кислорода из азота воздуха, либо загрязнением азота из аммиака более легкими газами. Однако далее ученый показал, что азот,

полученный не только из аммиака, но и из азотистого и азотного ангидридов и нитрата аммония, существенно легче атмосферного азота.

Эта работа Рэля поставила вопрос о том, что в атмосфере может содержаться новая, пока неизвестная составная часть — элемент или соединение.

Strutt W. (Lord Rayleigh). On an anomaly encountered in determinations of the density of nitrogen gas.— «Proc. Roy. Soc.», 1894, v. 55, p. 340—344.

В. Рамзай (в Англии), ознакомившись со статьей Рэля от 19 апреля, решил химически связать с помощью нагретой до красного каления магниевой стружки очищенный атмосферный азот, чтобы выяснить, содержится ли в нем отличающаяся от основной массы часть. В мае Рамзай выделил 40 см³ остаточного газа. Рамзай на основании этого пришел к заключению о «возможности существования некоторым образом измененного азота или присутствия в атмосфере некоторого нового компонента».

Ramsay W. The Gases of the Atmosphere, the History of their Discovery. London, 1896.

В. Рамзай (в Англии) в письме Рэлею от 24 мая писал: «Не приходило ли Вам на ум, что имеется место для газообразных элементов в конце первого периода периодической таблицы? Так, например, Li, Be, B, C, N, O, F, X, X, X, и т. д.».

Travers M. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.

В. Рамзай (в Англии) в июле исследовал спектр остаточного газа и обнаружил, что в спектре наряду с характерными для азота полосами содержится определенная группа линий, которые, «по-видимому, не принадлежат спектру какого-либо из известных газов».

Ramsay W. The Gases of the Atmosphere, the History of their Discovery. London, 1896.

В. Рамзай (в Англии) в августе писал Рэлею: «Выделил газ. Его плотность 19,075, и он не поглощается магнием»,

а 6 августа Рэлей ответил: «Полагаю, что тоже выделил газ, только в весьма малых количествах...».

Travers M. A Life of Sir William Ramsay. London, 1956.

В. Рэлей и В. Рамзай (в Англии) 13 августа сообщили, что тщательно очищенный от всех других составляющих воздуха азот содержит около 1% другого газа, более инертного, чем азот. Плотность газа составляет от 18,9 до 20; линии спектра отличаются по положению от линий азота, а линии азота в спектре отсутствуют. Наиболее характерное свойство газа — его инертность. Ученые предложили для нового газообразного элемента название «аргон» (Ar), что по-гречески означает «недеятельный».

Strutt W. (Lord Rayleigh), Ramsay W. Argon, a new constituent of the atmosphere. — «Proc. Roy Soc.», 1895, v. 57, p. 256—287.

1895

В марте Д. И. Менделеев на заседании отделения химии Русского физико-химического общества сделал сообщение об аргоне. Ученый указывал: «При предположении, что аргон заключает один атом в частице, места для него в периодической системе не находится. Если и принять..., что атомный вес аргона заключается между атомными весами хлора и калия, то аргон может быть помещен в восьмой группе третьего ряда, но существование в этом ряду восьмой группы очень трудно допустить». Менделеев считал более вероятным, что аргон есть «уплотненный азот», т. е. трехатомная молекула азота N_3 .

Менделеев Д. И. <Об аргоне>. — «ЖРФХО», 1895, т. 27, вып. 2, с. 69—72.

В. Рентген (в Германии), проводя эксперименты с катодными лучами, заметил, что картон, покрытый флуоресцирующим веществом (платиносинеродистый барий), начинает светиться в темной комнате, если вблизи работает катодно-лучевая трубка. В течение нескольких недель Рентген изучил почти все основные свойства нового вида излучения. Ученый установил следующее: 1) «причина, вызывающая фосфоресценцию, кроется в самой разрядной трубке»; 2) множество

различных материалов оказывается в той или иной степени прозрачным для лучей (высокая проникающая способность); 3) «прозрачность различных веществ, имеющих одинаковую толщину, определяется их плотностью..., однако плотность не является единственным определяющим фактором»; 4) излучение вызывает свечение многих фосфоресцирующих веществ; 5) фотографические пластинки чернеют под действием лучей; 6) воздух и некоторые твердые изоляторы под действием лучей начинают проводить ток; 7) лучи не отклоняются даже в очень сильном магнитном поле (важнейшее отличие от катодных лучей) и т. д. Рентген назвал открытые им лучи X-лучами.

*Röntgen W. Über eine neue Art von Strahlen.—
«Sitzungsber. Würzburger phys.-med. Ges.», December 28,
1895.*

Ю. Томсен (в Дании) разработал «лестничный» вариант таблицы элементов, структура которого во многом сходна со структурой таблицы Т. Бейли (см. с. 16). Отличительные черты варианта Томсена заключаются в следующем: 1) включены гелий и аргон; 2) упорядочена структура последнего ряда (Cs—U), содержащего 31 элемент; 3) достаточно четко отражено своеобразие редкоземельных элементов. По этому поводу Томсен писал, что между церием с атомным весом 140 и окончательно еще не определенным элементом с атомным весом около 181 «расположено большое число редкоземельных элементов, близко родственных друг другу подобно средним элементам 3-го ряда, расположенным между марганцем и цинком».

Таким образом, Томсен допускал аналогию между редкоземельными элементами и элементами VIII группы. Важно, что Томсен совершенно правильно наметил общее число редкоземельных элементов, равное 15 (включая La и Ce), и считал, что один из неоткрытых еще должен стоять непосредственно перед самарием, а гипотетический элемент с атомным весом 181 является аналогом циркония и не принадлежит к редкоземельному семейству. Последнее соображение представляет большой интерес в связи с возникшей позднее проблемой элемента № 72.

*Thomson J. Systematische Gruppierung der chemischen Elemente.— «Z. anorgan. Chem.», 1895, Bd 9,
S. 190—193.*

Ю. Томсен (в Дании) высказал гипотезу о существовании «инактивных элементов», подобных аргону, и сделал попытку дать аналитическое выражение периодического закона. Основываясь на том, что в периодических функциях переход от положительных величин к отрицательным совершается или постепенно через нулевое значение, или внезапно через их значение, равное $\pm \infty$, Томсен сделал вывод, что то же самое наблюдается в характере изменения свойств химических элементов. По Томсену, внезапному переходу соответствует элемент, электрохимический характер которого выражается через $\pm \infty$, т. е. элемент электрически индифферентный и с эквивалентностью, равной 0. В связи с этим Томсен сделал вывод, что существует группировка инактивных элементов с атомными весами 4, 20, 36, 84, 132, 212 и 292, причем все они должны помещаться соответственно в конце каждого периода таблицы элементов. Химическую инертность предполагаемых элементов ученый объяснял тем, что у них проявляется особая замкнутая группировка атомов первоначальной материи. Приращение массы инактивного элемента (положительное или отрицательное) влечет за собой образование атома обыкновенного химически деятельного элемента.

По мнению Томсена, принятие инактивных элементов «может облегчить в будущем математическую обработку периодического закона».

Thomsen J. Über die mutmassliche Gruppe inaktiver Elemente.— «Z. anorgan. Chem.», 1895, Bd 9, S. 283—288.

И. Ретгерс (в Германии) предложил вариант размещения редкоземельных элементов в периодической системе, имея в виду включение всей их совокупности в одну клетку, расположенную в III группе таблицы. При этом ученый руководствовался общим принципом, что все сходные по свойствам элементы (семейство железа, платиновые металлы и т. д.) должны занимать одну клетку в периодической системе. Ретгерс, по-видимому, был первым, кто высказался против предоставления каждому редкоземельному элементу отдельного места в таблице Менделеева.

Retgers I. Über einige Änderungen im periodischen System der Elemente.— «Z. phys. Chem.», 1895, Bd 16, S. 644—654.

В. Стрэтт (Рэлей) и В. Рамзай (в Англии) опубликовали статью «Аргон — новая составная часть атмосферы». Ученые доказали, что аргон является одноатомным газом и имеет атомный вес, равный 40 (т. е. бóльший, чем атомный вес калия, равный 39,1). Был обсужден вопрос о возможном месте аргона в периодической системе. По мнению Рэлея и Рамзая, этот вопрос было трудно решить. Они писали: «Если аргон — отдельный элемент, тогда либо есть причины сомневаться в совершенстве периодической классификации элементов, либо не могут существовать элементы, не находящие себе места среди известных». Действительно, для аргона в ряду элементов Cl (атомный вес 35,5) — K(39,1) — Ca (40,0) и Sc (44,0) места не находилось. «С другой стороны, — указывали ученые, — если аргон является смесью двух элементов, они могут расположиться в восьмой группе: один — за хлором, другой — за бромом...». Приняв предположение, что аргон относится к восьмой группе, Рэлей и Рамзай считали, что его свойства близки к тем, которые можно предсказать. «Для ряда, который содержит Si_n (IV), P_4 (III—V), S_8 (II—VI) и Cl_2 (I—VII), в конце можно ожидать одноатомный элемент без валентности, т. е. не способный образовывать соединения или образующий их с валентностью 8; он должен являться ступенью перехода к одновалентному калию».

Rayleigh (Lord), Ramsay W. Argon: a new constituent of the atmosphere.— «Chem. News», 1895, v. 71, p. 51—58.

В. Рамзай (в Англии) исследовал минерал клеветит с целью обнаружить в нем соединения аргона. Основываясь на данных Гиллебранда, что при нагревании клеветита с серной кислотой выделяется газ (признанный Гиллебрандом за азот), Рамзай провел спектроскопическое исследование этого газа. Оказалось, что азота в нем чрезвычайно мало, но зато четко выделяется желтая линия кислорода солнечного спектра, принадлежащая гелию.

Ramsay W. Discovery of helium.— «Chem. News», 1895, v. 71, p. 1514.

В. Крукс (в Англии), исследовав спектр газа, выделяющегося из клеветита, отчетливо наблюдал характерные спектральные линии гелия.

Crookes W. The spectrum of helium.— «Chem. News», 1895, v. 72, p. 87.

1896

24 февраля А. Беккерель (во Франции) на заседании Парижской академии наук сделал сообщение «Об излучениях, производимых фосфоресценцией». В нем говорилось об экспериментах с кристаллами двойного сульфата уранила и калия $K_2 [UO_2 (SO_4)_2] (H_2O)_2$ — сильно фосфоресцирующего вещества. Согласно этим экспериментам, данное вещество после облучения солнечным светом испускает излучение, проходящее через светонепроницаемую бумагу и разлагающее серебряные соли фотоэмульсии.

Bequerel H. Sur les radiations émises par phosphorescence.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 420—421.

2 марта А. Беккерель сделал сообщение «О невидимой радиации, производимой фосфоресцирующими телами», в котором описал свои дальнейшие эксперименты по изучению радиации, испускаемой калийуранилсульфатом. Накануне этого сообщения (1 марта) он обнаружил, что сильно проникающее излучение не зависит от предварительного действия солнечного света на фосфоресцирующее вещество. Констатация этого факта обычно рассматривается как открытие явления, позднее названного П. и М. Кюри явлением радиоактивности. А. Беккерель полагал, что обнаруженное им явление «не может быть приписано излучению видимого света, действующего путем фосфоресценции». По мнению Беккереля, «это излучение, действие которого очень сходно с действием излучений, изучаемых Ленардом и Рентгеном, представляет собой невидимые лучи, испускаемые путем фосфоресценции, но с продолжительностью, бесконечно большей, чем продолжительность свечения фосфоресцирующих тел».

Bequerel H. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 501—503.

9 марта А. Беккерель сделал сообщение «О некоторых новых свойствах невидимой радиации, производимой различными фосфоресцирующими телами», в котором отметил свойство невидимой радиации разряжать наэлектризованные тела.

Bequerel H. Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 559—564.

23 марта А. Беккерель сделал сообщение «О невидимой радиации, производимой солями урана», в котором изложил результаты своих новых экспериментов (действие излучения на наэлектризованные тела; излучение, испускаемое различными солями урана; поглощение излучения различными веществами и т. д.).

Bequerel H. Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 689—694.

30 марта А. Беккерель сделал сообщение «О различных свойствах невидимой радиации, производимой солями урана, и о лучеиспускании стенки антикатада трубки Крукса», в котором описал дальнейшие эксперименты по изучению различных свойств открытой им радиации. К этому времени Беккерель, по всей вероятности, убедился в том, что новый вид излучения является характерной особенностью именно урановых солей.

Bequerel H. Sur les propriétés différentes des radiations invisibles émises par les sels d'uranium, et du rayonnement de la paroi anticathodique d'un tube de Crookes.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 762—767.

18 мая А. Беккерель сделал сообщение «Испускание новой радиации металлическим ураном». В этом сообщении отмечалось, что интенсивность излучения чистого металлического урана значительно выше, чем урановых солей. По мнению Беккереля, уран — «первый пример металла, представляющего явление одного порядка с невидимой фосфоресценцией».

Bequerel H. Émission de radiations nouvelles par l'uranium métallique.— «Compt. rend.», 1896, v. 122, p. 1086—1088.

23 ноября А. Беккерель выступил с сообщением «О различных свойствах урановых лучей», в котором, в частности, рассмотрел вопрос о продолжительности испускания лучей.

Bequerel H. Sur diverses propriétés des rayons uraniques — «Compt. rend.», 1896, v. 123, p. 855—858.

П. Зеeman (в Голландии) показал, что если поместить вещество в очень сильное магнитное поле, то некоторые линии спектра этого вещества расщепляются на несколько компонентов (так называемый эффект Зеемана).

Zee man P. Over den invloed eener magnetisatie op den aard van het door een stof uitgezonden licht [1896—1897].— «Amsterdam Akad. Versl.», 1897, Bd 5, S. 181—184, 242—248.

1897

1 марта А. Беккерель выступил с сообщением «Исследования урановых лучей», в котором отметил способность урановых лучей разряжать в воздухе наэлектризованные тела, независимо от их потенциала и знака заряда.

Becquerel H. Recherches sur les rayons uraniques.— «Compt. rend.», 1897, v. 124, p. 438—444.

12 апреля в своем очередном докладе А. Беккерель изложил результаты наблюдений: активность урановых препаратов практически не изменилась за год.

Becquerel H. Sur la loi de la decharge dans l'air de l'uranium electrise.— «Compt. rend.», 1897, v. 124, p. 800—803.

Дж. Томсон (в Англии) провел эксперименты по определению скорости катодных лучей и удельного заряда (отношение e/m) составляющих их частиц. (Томсон считал, что катодные лучи состоят из потока отрицательно заряженных частиц, выходящих из катода разрядной трубки.) Ученый показал, что скорость катодных лучей составляет $3 \cdot 10^9$ см/сек, а отношение заряда к массе примерно в 1800 раз больше, чем такое же отношение для иона водорода. Отсюда следовало, что масса электрона должна составлять примерно $1/1800$ массы водородного атома. Далее Томсон заметил, что одни и те же результаты получаются для различных катодов (алюминий, железо, платина) и для различных газов (воздух, водород, двуокись углерода), наполняющих разрядную трубку. В итоге ученый пришел к выводу: «носители электрического заряда в катодных лучах одни и те же, независимо от того, в каком газе происходит разряд».

Согласно Томсону, отрицательно заряженные корпускулы катодных лучей представляют собой «то вещество, из которого построены все химические элементы».

Thomson J. J. Cathode rays.— «Phil. Mag.», ser. 5, 1897, v. 44, p. 293—316.

Э. Вихерт (в Германии) независимо от Дж. Томсона пришел к выводу, что частицы катодных лучей имеют массу, значение которой лежит в интервале 0,001—0,004 массы атома водорода.

Wiechert E. Über das Wesen der Elektrizität.— «Schriften der phys.-ökon. Ges. Königsberg», 1897, Jg. 38, Sitzungsberichte, S. 3—12.

И. Ридберг (в Швеции) провел подробное исследование соотношений между атомными весами элементов и пришел к выводу, что близость атомных весов многих элементов к целым числам не может быть случайностью; атомный вес таких элементов выражается формулой $M = N + D$, где N — целое число, а D — некоторая периодическая функция порядкового номера элемента, малая по величине. Далее Ридберг указывал: «Атомный вес, как и остальные свойства элементов, является периодической функцией порядковых номеров элементов, которые удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к независимым переменным, поскольку они могут принимать все величины, выражаемые целыми числами».

Rydberg I. R. Studien über die Atomgewichtszahlen.— «Z. anorgan. Chem.», 1897, Bd 14, S. 66—102.

Ч. Вильсон (в Англии) изобрел «счетчик пылинок» (так называемая ионизационная камера Вильсона). Этот прибор оказал огромное влияние на развитие экспериментальной атомной и ядерной физики.

Wilson Ch. T. R. Condensation of water vapour in the presence of dust-free air and other gases.— «Phil. Trans.», 1897, v. A189, p. 265—307.

В. Вин (в Германии), изучая отклонение каналовых лучей в магнитном и электрическом полях, показал, что эти

лучи несут положительный заряд, причем отношение e/m у них значительно больше, чем у катодных лучей.

W i e n W. *Die electrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen.*— «Verh. Berl. Phys. Ges.», 1897, Bd 16, S. 165—172.

1898

Г. Шмидт (в Германии) проверил большое число элементов и их соединений и показал, что помимо урана радиоактивностью обладают еще торий и его соединения. При этом Шмидт пользовался и фотометодом и электрометрическими измерениями. Причину того, что радиоактивность обнаруживается только у двух элементов периодической системы, Шмидт видел в их высоких атомных весах: 232 (торий) и 240 (уран).

S c h m i d t G. C. *Über die vom Thorium und den Thorverbindungen ausgehende Strahlung.*— «Verh. Phys. Ges. Berl.», 1898, Bd 17, S. 13—15; *Über die von den Thorverbindungen und einigen anderen Substanzen ausgehende Strahlung.*— «Ann. Phys. Chem.», 1898, Bd 65, S. 141—151.

М. Кюри (во Франции) попыталась найти «точный количественный метод измерения ионизации воздуха» при воздействии излучения солей урана. Оказалось, что излучение солей урана прямо пропорционально количеству содержащегося в них урана, т. е. радиоактивность суть свойство элементарного урана — его атомов. Отклонение от этого правила показывали некоторые урановые минералы, радиоактивность которых была непропорционально большой. М. Кюри предсказала наличие в этих минералах новых высокоактивных примесей. Кроме урана, радиоактивность была обнаружена (независимо от Г. Шмидта) у тория и его соединений, причем активность сильно колебалась в случае толстых слоев двуокиси тория. Тем самым в экспериментах М. Кюри впервые наблюдалась эманация тория.

S k l o d o w s k a - C u r i e M. *Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium.*— «Compt. rend.», 1898, v. 126, p. 1101—1103.

В. Рамзай и М. Траверс (в Англии) 31 мая открыли новый инертный газ — криптон (Kr).

R a m s a y W., T r a w e r s M. *On a new constituent of atmospheric air.*— «Proc. Roy. Soc.», 1898, v. 63, p. 405—408.

В. Рамзай и М. Траверс (в Англии) 7 июня открыли новый инертный газ — неон (Ne).

Ramsay W., Travers M. On the companions of argon.— «*Proc. Roy. Soc.*», 1898, v. 63, p. 437—440.

В. Рамзай и М. Траверс (в Англии) 12 июля открыли новый инертный газ — ксенон (Xe).

Ramsay W., Travers M. On the companions of argon.— «*Proc. Roy. Soc.*», 1898, v. 63, p. 437—440.

18 июля П. и М. Кюри (во Франции) на заседании Парижской академии наук выступили с сообщением «О новом радиоактивном веществе, содержащемся в смоляной обманке». Ученые писали: «Вещество, которое мы извлекли из смоляной обманки, содержит металл, еще не описанный и являющийся соседом висмута по своим аналитическим свойствам. Если существование нового металла подтвердится, мы предлагаем назвать его полонием, по имени родины одного из нас». Далее П. и М. Кюри отметили: «Если существование нового простого тела подтвердится, то... его открытие произошло исключительно благодаря новому способу исследования, который нам предоставили лучи Беккереля». В этой работе впервые употреблен термин «радиоактивность».

Curie P., Mme Curie P. Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende.— «*Compt. rend.*», 1898, v. 127, p. 175—178.

П. и М. Кюри и Ж. Бемон (во Франции) сообщили (26 декабря), что им удалось выделить из урановых отходов «вещество, содержащее ... некоторый новый элемент, сообщающий ему свойство радиоактивности и очень близкий по своим химическим свойствам к барию». Новый элемент они предложили назвать радием. Спектральная проверка, проведенная видным французским спектроскопистом Э. Демарсе, показала наличие новой линии, «которая, по-видимому, не принадлежит ни одному из известных элементов».

Curie P., Curie-Sklodowska M., Bémont G. Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende.— «*Compt. rend.*», 1898, v. 127, p. 1215—1217.

Ю. Эльстер и Г. Гейтель (в Германии) впервые показали, что радиоактивность при атмосферном давлении, в вакууме и глубоко под землей (они помещали образец урана в шахту на глубину 852 м) не изменяется. Тем самым была поставлена под сомнение гипотеза о природе радиоактивности, объясняющая это явление поглощением атомами извне особых лучей.

Elster J., Geitel H. Versuche an Becquerel-Strahlen.— «Wied. Ann.», 1898, Bd 66, S. 735—740.

1899

Э. Резерфорд (в Канаде) в январе впервые опубликовал статью об изучении радиоактивности. Он установил, что излучение урана не преломляется и не поляризуется, как ранее показал А. Беккерель (см. с. 29). Лучшим методом изучения радиоактивности он признал электрометрический метод, позволяющий проводить количественные измерения. Резерфорд обнаружил неоднородность излучения урана; легко поглощаемую часть излучения он назвал α -лучами, менее поглощаемую β -лучами.

Rutherford E. Uranium radiation and the electrical conduction produced by it.— «Phil. Mag.» 1899, ser. 5, v. 47, p. 109—163.

М. Кюри (во Франции) высказала (30 января) ряд предположений о сущности радиоактивного излучения. Среди них следует отметить следующие: 1) излучение суть испускание частиц материи, которое сопровождается потерей веса радиоактивных веществ; 2) энергия этих веществ постоянно убывает, поэтому можно связать радиоактивность с гипотезой Крукса об эволюции элементов (см. с. 19, 20); отсюда можно предполагать, что радиоактивность свойственна элементам с большим атомным весом, которые образовались позднее других и еще не закончили своей эволюции; 3) радиоактивное излучение, возможно, вызывается лучами, подобными рентгеновским и постоянно существующими.

Таким образом, М. Кюри подчеркивает материальный характер радиоактивного излучения и делает вывод, что радиоактивность может оказаться свойством, присущим лишь тяжелым элементам.

Skłodowska-Curie M. Les rayons de Becquerel et le polonium.— «Rev. gén. sci.», 1899, v. 10, p. 41—42.

Дж. Томсон (в Англии) провел серию экспериментов с целью непосредственного определения заряда электронов. Ученый определял отношение e/m для электронов, испускаемых в результате фотоэлектрического и термоэлектрического эффектов, и нашел, что в обоих случаях отношение e/m одинаково. Томсон писал: «Описанные эксперименты, если их рассматривать вместе с предыдущими экспериментами на катодных лучах, показывают, что в газах при низких давлениях отрицательная электризация, хотя ее можно вызвать самыми различными способами, всегда состоит из атомных единиц, каждая из которых обладает электрическим зарядом определенной величины. Величина этого отрицательного заряда ... равна положительному заряду атома водорода при электролизе растворов». То обстоятельство, что одинаковые частицы создаются различными способами (электрический разряд, фотоэлектрический и термоэлектрический эффекты), свидетельствует о том, что из этих первичных частиц построена вся материя.

Thomson J. On the masses of the ions in gases at low pressure. — «Phil. Mag.», 1899, ser. 5, v. 48, p. 547—567.

А. Дебьерн (во Франции), проверяя гипотезу М. Кюри о наличии в урановой смолке новых радиоактивных элементов (кроме радия и полония), показал, что из урановой смолки можно выделить высокорadioактивное вещество, отделяющееся при фракционировании с элементами редких земель и титаном. Химические свойства нового вещества отличались от химических свойств радия и полония, а его активность в 100 000 раз превышала активность урана.

Debierne A. Sur une nouvelle matière radio-active. — «Compt. rend.», 1899, v. 129, p. 593—595.

С. Мейер и Э. Швейдлер (в Германии) продемонстрировали отклонение лучей Беккереля в магнитном поле.

Meyer S., Schweidler E. Weitere Notiz über das Verhalten von Radium im magnetischen Felde. — «Berichte», 1899, Bd 36, S. 323—324.

Ф. Гизель (в Германии) независимо и одновременно с Мейером и Швейдлером (см. выше), показал способность лучей Беккереля отклоняться в магнитном поле.

Giesel F. Über die Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen im magnetischen Felde. — «Ann. Phys. Chem.», 1899, Bd 69, S. 834.

Ю. Эльстер и Г. Гейтель (в Германии) нашли, что сульфат свинца, полученный из урановой смолки, обладал высокой активностью. Они сделали вывод, что активность обусловлена присутствующими в образце свинца радием и полонием; следовательно, для получения неактивного свинца нужно применить соответствующую методику. Это было, по-видимому, первое наблюдение радиосвинца и, следовательно, первый наблюдаемый случай химической неотделимости радиоэлементов. Ученые также подтвердили атомарный характер радиоактивности и высказали гипотезу о ее сущности: «Источник энергии находится в самом атоме ... элемента. Атом радиоактивного элемента подобно молекуле неустойчивого соединения переходит в устойчивое состояние, излучая энергию. Во всяком случае, это представление потребовало бы допустить постепенное преобразование активного вещества в неактивное, и следовательно, изменение его элементарных свойств».

Elster J., Geitel H. Versuche an Becquerelstrahlen.— «Ann. Phys. Chem.», 1899, Bd 69, S. 83—90.

Э. Резерфорд и Р. Оуэнс (в Канаде) изучили излучение тория и его соединений и сравнили полученные результаты с имевшимися данными относительно излучения урана. Было выяснено, что излучение ториевых соединений имеет сложный характер, причем природа излучения не зависит от типа химического соединения тория, а только от содержания тория в соединении, т. е. имеет атомарный характер.

Rutherford E., Owens R. B. Thorium and uranium radiation (Preliminary note).— «Trans. Roy. Soc. Canada», 1899, sect. III, v. 2, p. 9—12.

Р. Оуэнс (в Канаде), изучая аномалии в излучении тория и ториевых соединений, показал, что отмеченного М. Кюри (см. с. 32) и Э. Резерфордом (см. с. 34) разброса показаний при измерении активности тория можно избежать, если поместить препарат на достаточно продолжительное время в закрытый прибор, ибо в отличие от урана и его соединений на радиоактивность тория и его препаратов сильно влияют потоки воздуха. Оуэнс пришел к выводу, что воздушные потоки способны переносить частицы радиоактивного вещества.

Owens R. B. Thorium radiation.— «Phil. Mag.», 1899, ser. 5, v. 48, p. 360—387.

П. и М. Кюри (во Франции) экспериментально установили, что радиоактивные вещества (радий, полоний) способны сообщать радиоактивность неактивным веществам. Это явление было названо ими наведенной активностью. Авторы предположили: «Не является ли радиоактивность, представляющаяся самопроизвольной, на самом деле для некоторых веществ наведенной?»

Curie P. et Mme Curie M.—P. Sur la radioactivité provoquée par les rayons de Becquerel.— «Compt. rend.», 1899, v. 129, p. 714—716.

П. и М. Кюри (во Франции) обнаружили способность солей радия преобразовывать кислород в озон. Дальнейшее изучение химического влияния солей радия показало, что обыкновенное стекло в местах соприкосновения с высокоактивным препаратом радия темнеет и покрывается сетью мелких трещин. Излучение радия изменяет цвет кристаллов платиносинеродистого и хлористого бария. Так как превращение кислорода в озон требует затрат внешней энергии, П. и М. Кюри сделали вывод, что излучение радия «представляет собой непрерывное выделение энергии».

Curie P. et Mme Curie M.—P. Effects chimiques produits par les rayons de Becquerel.— «Compt. rend.», 1899, v. 129, p. 823—825.

1900

5 марта А. Эррера (в Бельгии) на заседании Бельгийской академии наук впервые высказал идею о нулевой группе элементов в периодической системе.

Errera A. Magnétisme et poids atomique.— «Bruz. Acad. Bull.», 1900, p. 152—161.

19 марта Д. И. Менделеев и В. Рамзай, встретившись в Берлине, пришли к выводу, что аргон и его спутники «вследствие их неспособности образовывать солеобразные соединения типа RX^n должно поместить в особую группу, так сказать, нулевую, предшествующую группе 1-й ... и составляющую переход от галондов».

Менделеев Д. И. Основы химии. Изд. 8-е. Спб., 1906, с.493.

П. Вийяр (во Франции) обнаружил у радия новый вид излучения, которое не отклонялось в магнитном поле и по своей природе было подобно рентгеновским лучам. Их обозначение (γ -лучи) было введено позже, в 1903 г.

Villard P. Sur le rayonnement du radium.— «*Compt. rend.*», 1900, v. 130, p. 1178—1179.

Э. Дорн (в Германии) показал, что отклоняемое в магнитном поле излучение радия (β -лучи) может быть отклонено и в электрическом поле, т. е. эти лучи несут электрический заряд.

Dorn E. Sur les rayons du radium. Lettre à M. H. Becquerel.— «*Compt. rend.*», 1900, v. 130, p. 1126.

М. Кюри (во Франции), исследуя полоний, пришла к выводу, что α -лучи представляют собой поток частиц, теряющих энергию при прохождении через материальные тела.

Curie M. Sur la pénétration des rayons de Becquerel, non-déviés par le champ magnétique.— «*Compt. rend.*», 1900, v. 130, p. 76—79.

В. Крукс (в Англии) химическим методом выделил из урана новое очень активное вещество, названное ураном-Х (UX). Новых спектральных линий в образце с ураном-Х обнаружить не удалось, поэтому был сделан вывод о его ничтожном содержании в препарате. Оставшийся уран не засвечивал фотопластинки, поэтому Крукс предположил, что активность урана обусловлена не самим элементом, но некоторыми микропримесями, которые могут быть отделены от урана при соответствующей химической обработке, т. е. что чистый уран нерадиоактивен.

Crookes W. Radio-activity of uranium.— «*Proc. Roy. Soc.*», 1900, v. 66, p. 409—423.

А. Беккерель (во Франции) показал, что если ввести хлористый барий в раствор урановой соли и затем осадить барий серной кислотой, то полученный сульфат бария приобретает высокую активность и сильно засвечивает фотопластинку. Оставшийся уран почти неактивен. Тем самым

А. Беккерель независимо от В. Крукса (см. с. 38) открыл уран-Х.

Becquerel H. Note sur le rayonnement de l'uranium. «Compt. rend.», 1900, v. 131, p. 137—138.

А. Дебьерн (во Франции) выделил новый радиоактивный элемент — актиний (Ac). Согласно Дебьерну, химические свойства актиния совпадали с химическими свойствами тория, тогда как активность актиния в несколько тысяч раз превышала активность тория.

Debièrne A. Sur un nouvel élément radio-actif: l'actinium.— «Compt. rend.», 1900, v. 130, p. 906—908.

Э. Резерфорд (в Канаде) открыл радиоактивный газ, который выделялся всеми соединениями тория. Этот газ получил название эманации тория. Изучение зависимости активности эманации от времени показало, что активность уменьшается вдвое за 1 мин. Было обнаружено, что с такой же скоростью соединения тория вновь образуют эманацию. По своим фотографическим и электрическим свойствам эманация напоминает уран. Интенсивность излучения эманации изменяется со временем по экспоненциальному закону $I = I_0 e^{-\lambda t}$, где I — интенсивность в момент времени t , I_0 — начальная интенсивность, λ — постоянная процесса. Обнаружено, «что положительные ионы, образуемые эманацией в газе, обладают способностью создавать радиоактивность во всех веществах, на которые они попадают. Эта способность вызывать вторичную радиоактивность сохраняется в течение нескольких дней».

Rutherford E. A Radioactive substance emitted from thorium compounds.— «Phil. Mag.», 1900, ser. 5, v. 49, p. 1—14.

Э. Резерфорд (в Канаде) провел детальное изучение активности, возникающей в веществах под действием соединений тория. Он выяснил, что эта активность концентрируется на небольших пластинках, которые отрицательно заряжены до высокого потенциала. Резерфорд показал, что причиной «возбужденной» радиоактивности является эманация тория, но «не прямое действие излучения» тория и его соединений. Возбужденная активность способна иони-

зовать воздух и засвечивать в темноте фотопластинку. Было отмечено, что спад активности со временем следует закону $I = I_0 e^{-\lambda t}$; активность уменьшается вдвое за 11 ч. Следовательно, Резерфорд первым наблюдал радиоактивный изотоп в ториевом ряду — торий-В ($T_{1/2} = 10,6$ ч).

Rutherford E. Radioactivity produced in substances by the action of thorium compounds.—«Phil. Mag.», 1900, ser. 5, v. 49, p. 161—192.

М. Планк (в Германии) заложил основу квантовой теории излучения. Ученый высказал предположение, что энергия тела меняется не непрерывно, а скачками в результате поглощения или испускания определенных порций энергии (или «элементов энергии»). Таким образом, тело может испускать или поглощать определенное целое число «элементов энергии» (позднее они были названы квантами), но ни в коем случае не промежуточное дробное число. Согласно Планку, квант энергии для излучения с частотой ν определяется выражением $E = h\nu$, где h — универсальная постоянная, получившая название постоянной Планка и численно равная $6,625 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек.

Planck M. Sur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum.—«Verh. Dtsch. phys. Ges.», 1900, Bd 2, S. 237—245.

1901 Б. Браунер, выступая 21 декабря с докладом «О положении редкоземельных элементов в периодической системе» в Петербурге, выдвинул гипотезу об интерпериодической группе редких земель. Согласно этой гипотезе, Браунер представлял интерпериодическую группу «как продолжение теперешней четвертой группы, начиная от церия и кончая неизвестным до сих пор элементом с атомным весом 180, лежащим налево от тантала», и считал, что «между Се и Та не существует иных элементов, кроме элементов редких земель». Точка зрения Браунера явилась наиболее конкретным воплощением одного из направлений решения вопроса о месте редкоземельных элементов в системе — размещения их в одной клетке таблицы. Браунер изображал совокупность всех редкоземельных элементов в таблице как $\begin{matrix} \text{Ce etc} \\ 140-180 \end{matrix}$. Элемент с атомным весом 180, «лежа-

щий налево от тантала», Браунер причислял к редкоземельным.

Браунер допускал, далее, существование не открытых еще редкоземельных элементов между Nd и Sm, Eu и Gd, Gd и Tb и Er и Tu.

Браунер Б. О положении редкоземельных элементов в периодической системе. — «ЖРФХО», ч.хим. 1902, т. 34, с. 142—175.

Д. И. Менделеев, выступая в дискуссии по докладу Б. Браунера, заметил, что его «предложение заслуживает внимания», однако полагал целесообразным отнестись к окончательным выводам с осторожностью, поскольку «Yb = 173 (один из лучше исследованных редких металлов) хорошо подходит к III—10 по величине своего атомного веса».

Б. Браунер (в Чехии) предложил считать водород членом первой группы периодической системы (куда его поместил Д. И. Менделеев), так как водород не образует соединений с валентностью, равной 7.

Brauner B. On the place of hydrogen in the periodic system. — «Chem. News», 1901, v. 84, p. 233—234.

Б. Стил (в Австралии) сделал попытку обосновать особое положение редкоземельных элементов в системе, исходя из их атомных объемов и магнитных свойств. Стил подчеркивал то обстоятельство, что атомная магнитная восприимчивость у элементов и молекулярная у их окислов достигает максимума в двух случаях: в ряду Fe — Co — Ni и в семействе редких земель. Работа Стила представляет одну из первых попыток обосновать необходимость обособления редкоземельных элементов в периодической системе путем анализа их физических (магнитных) свойств.

Steele B. D. The place of the rare earth metals among the elements. — «Chem. News», 1901, v. 84, p. 245—247.

Э. Демарсе (во Франции) спектроскопическим методом открыл новый редкоземельный элемент — европий (Eu).

Demarçay E. Sur un nouvel élément, l'europium. — «Compt. rend.», 1901, v. 132, p. 1484—1486.

Дж. Мартин (в Англии) обсудил две возможности размещения водорода в периодической системе: в подгруппе щелочных металлов или в подгруппе галогенов. На примере различных соединений водорода Дж. Мартин показал «очень близкую аналогию между соединениями водорода и соединениями щелочных металлов» и предложил поместить его в подгруппу щелочных металлов.

Martin G. Some remarks on the place of hydrogen in the periodic system.— «Chem. News», 1901, v. 84, p. 154, 155.

Ж. Перрен (во Франции), развивая взгляды Дж. Томсона и других, предположил, что атомы вещества состоят из частиц и могут походить на миниатюрные планетные системы. При этом «положительно заряженное ядро окружено отрицательными электронами, которые двигаются по определенным орбитам». Скорость движения электронов по орбитам соответствует частотам основных спектральных линий. В атомах радиоэлементов, согласно Перрену, части, составляющие атомы, более удалены от центра (по сравнению с обычными элементами) и могут освобождаться от притяжения и вылетать из атома, обуславливая, таким образом, излучение энергии.

Perrin J. Les hypothèses moléculaires.— «Rev. Sci.», 1901, ser. 4, v. 15, p. 449—461.

А. Беккерель (во Франции) обнаружил, что при поглощении излучения радия возникает вторичное, более слабое излучение поглощающего металла. Это излучение по своей природе электромагнитно и подобно вторичному излучению, возникающему при поглощении рентгеновских лучей.

Becquerel H. Sur la radio-activité secondaire des métaux.— «Compt. rend.», 1901, v. 132, p. 371—373.

А. Беккерель (во Франции) показал, что вторичная радиоактивность обычных металлов, обусловленная излучением радия, состоит из следующих частей: 1) неотклоняемых в магнитном поле и легко поглощаемых лучей; 2) отклоняемых в магнитном поле лучей, сходных с катодными

лучами; 3) неотклоняемых в магнитном поле сильно проникающих лучей.

Becquerel H. Sur la radio-activité secondaire.— «Compt. rend.», 1901, v. 132, p. 734—739.

А. Беккерель (во Франции) обнаружил с помощью фотометода, что «неактивный» уран через год полностью восстановил свою активность, в то время как активированный барий полностью потерял свою активность.

Becquerel H. Sur la radio-activité de l'uranium.— «Compt. rend.», 1901, v. 133, p. 977—980.

Ф. Гизель (в Германии), повторяя опыты Эльстера и Гейтеля (см. с. 36), показал, что выделенный из урановой смолки свинец действительно обладает повышенной активностью, но активность этого свинца убывает со временем.

Giesel F. Über radioaktive Stoffe.— «Berichte», 1901, Bd 34, S. 3772—3776.

Р. Стрэтт (в Англии) провел исследование электропроводимости газов под действием лучей Беккереля. Ученый отметил высокую степень ионизации, производимую α -лучами. Учитывая характер ионизации, Стрэтт предположил, что α -лучи — скорее всего не электромагнитное излучение, а поток положительно заряженных частиц сравнительно большой массы.

Strutt R. J. Conductivity of gases under Becquerel rays.— «Phil. Trans. Roy. Soc.», 1901, ser. A, v. 196, p. 507—527.

Дж. Мартин (в Англии) выдвинул гипотезу о радиоактивности всех химических элементов, полагая, что с уменьшением атомного веса их активность резко падает, в силу чего не может быть измерена.

Martin G. Radio-activity and atomic weight.— «Chem. News», 1901, v. 83, p. 130.

1902

Д. И. Менделеев (в России) написал статью «Попытка химического понимания мирового эфира». В ней была развита концепция об эфире как химическом элементе с минимальной массой атома, неспособном

к химическим соединениям. Менделеев сделал попытку решить вопрос о нижней границе периодической системы, считая свои представления об эфире «реальным стремлением замкнуть реальную периодическую систему известных химических элементов пределом или гранью низшего размера атомов, чем я не хочу и не могу считать простой нуль — массы».

Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира. Спб., 1905.

Г. Билтц (в Германии) предложил вариант короткой формы периодической системы. Особенность идеи Билтца заключалась в том, что он размещал элементы семейства железа и платиновые металлы во второй побочной подгруппе VII группы, а элементы семейства редких земель подразделял на несколько совокупностей. Одну из них — $\Sigma_{Ce} = La, Ce, Pr, Nd$ — исследователь включал в III группу, в подгруппу скандия, другую — Σ (точную расшифровку этой совокупности Билтц не давал) — в V группу, и, наконец, Yb поместил в III группу — как высший аналог индия.

Biltz H. Zur Kenntniss der Perioden—Systems der Elemente.—«Berichte», 1902, Bd 35, S. 562—568.

П. и М. Кюри (во Франции) подытожили свои представления о природе радиоактивных явлений: 1) радиоактивность суть атомное свойство тел; 2) каждый атом радиоактивного тела действует как постоянный источник энергии; 3) «если попытаться установить происхождение радиоактивной энергии, то можно делать различные предположения, которые группируются около двух очень общих гипотез:

а) каждый радиоактивный атом обладает энергией, имеющей характер потенциальной энергии, которую он может выделить;

б) радиоактивный атом представляет собой механизм, способный в любой момент черпать вне себя ту энергию, которую он затем выделяет».

Curie P. et Curie M.—P. Sur les corps radioactifs.—«Compt. rend.», 1902, v. 134, p. 85—87.

В. Сезерленд (в Англии) предположил наличие в природе комбинации из двух различных электронов (отрицательного и гипотетического положительного). Для положительного и отрицательного электронов были предложены обозначения повышения и понижения высоты звука — диез и бемоль, а для совокупности обоих электронов — символ нейтрализации бекар. Представление Сезерленда можно рассматривать как своеобразный зародыш идеи о нейтроне.

Этот термин был использован впервые Сезерлендом. Впрочем, само слово «нейтрон» Сезерлендом было употреблено (как и характерный значок) только один раз — в определении.

Sutherland W. Ionization, ionic velocities, and atomic sizes. — «Phil. Mag.», 1902, ser. 6, v. 3, p. 161—177.

М. Кюри (во Франции) определила атомный вес радия равным 225 и предложила поместить его в периодической системе в качестве высшего аналога щелочноземельных металлов.

Mme Curie M. Sur le poids atomique du radium. — «Compt. rend.», 1902, v. 135, p. 161—163.

В сентябре Э. Резерфорд и Ф. Содди (в Канаде) показали, что между торием и эманацией тория существует промежуточный продукт — торий-Х (ThX). Ученые нашли, что скорость распада и накопления ThX в ториевых препаратах одинакова, и сделали вывод: «Нормальная или постоянная радиоактивность тория есть равновесное состояние, при котором скорость роста радиоактивности, обусловленная образованием нового радиоактивного вещества, уравновешивается скоростью уменьшения радиоактивности уже образовавшегося вещества». По их мнению, в целом «радиоактивность можно рассматривать как проявление внутриатомного химического превращения», тем самым «радиоактивность может быть использована также для наблюдения за химическими превращениями, происходящими в веществе». В заключение Резерфорд и Содди выразили надежду, что «радиоактивность ... даст средства информа-

ции о процессах, происходящих внутри химического атома».

Rutherford E., Soddy F. The cause and nature of radioactivity. Part. I.—«Phil. Mag.», 1902, ser. 7, v. 4, p. 370—396.

В. Томсон (лорд Кельвин) (в Англии) предложил модель атома, согласно которой положительный заряд равномерно распределен по всему объему атома; внутри этого положительно заряженного «облака» находятся электроны, группирующиеся (если их больше одного) в определенные устойчивые конфигурации. Модель В. Томсона представляла собой статическую пространственную модель, математический расчет который был весьма труден.

Kelvin (Lord). Aepinus Atomized.—«Phil. Mag.», 1902, ser. 6, v. 3, p. 257—283.

В ноябре Э. Резерфорд и Ф. Содди (в Канаде) показали, что эманация тория — инертный газ, так как никакие самые сильные реагенты не могут вступать с ней в реакцию. Ученые предположили: нельзя ли связать с радиоактивностью присутствие в радиоактивных минералах другого инертного газа — гелия и его неизменную связь с ураном и торием. Они сделали вывод: «Эманация сопровождает превращение, причем в любой момент времени ее количество пропорционально последнему». Тем самым торий распадается в активный осадок тория через несколько последовательных превращений: торий превращается в ThX, ThX — в ThEm, ThEm — в активный осадок. Последним продуктом распада, вероятно, должен быть стабильный элемент.

Rutherford E., Soddy F. The cause and nature of radioactivity. Part. II.—«Phil. Mag.», 1902, ser. 6, v. 4, p. 569—585.

Ф. Гизель (в Германии) выделил из урановой смолки новое радиоактивное вещество. При фракционировании оно следует за группой редких земель, от которых может быть отделено с лантаном. Новое вещество своими радиоактивными свойствами напоминает торий, хотя торий и не присутствует в веществе. Новое вещество выделяет эманацию, которая вызывает яркое свечение экрана, покрытого сернистым цинком, поэтому Гизель назвал это вещество «эманием».

Позднее Болтвуд показал, что здесь Гизель выделил сравнительно чистый актиний.

Giesel F. Über Radium und radioaktive Stoffe.— «*Berichte*», 1902, Bd 35, S. 3608—3611.

1903

К. Рунге и Ю. Прехт (в Германии) указали на существование полной аналогии в расположении линий спектров Mg, Ca, Sr, Ba и Ra, в связи с чем сделали вывод, что радий в периодической системе должен быть высшим аналогом щелочноземельных металлов.

Runge C., Precht J. Die Stellung des Radiums im periodischen System nach seinem Spektrum.— «*Phys. Z.*», 1903, Bd 4, S. 285—287.

Ф. Ленард (в Германии) предложил новую модель строения атома. Он отказался от идеи о отдельно существующих в атоме электронах и положительных зарядах. Согласно Ленарду, атом состоял из особых частиц (динамид), которые представляли собой электрический дублет, обладающий определенной массой. Суммарное число динамид в атоме таково, что их масса должна равняться массе атома, а их радиус составляет $0,3 \cdot 10^{-11}$ см. Поскольку размер атома равен примерно 10^{-8} см, то, по Ленарду, оказывалось, что большая часть объема атома пуста. Эта «прозрачность» атома — единственное рациональное зерно ленардовской модели, которая в целом не получила признания, так как подтвердить существование динамид ничем не удалось.

Lenard Ph. Über die Absorption von Kathodenstrahlen verschiedener Geschwindigkeit.— «*Ann. Phys.*», 1903, Bd 12, S. 714—744.

П. Кюри и Ж. Данн (во Франции) изучали активацию тел, подвергнутых действию эманации радия в закрытом сосуде. Общий период полураспада возбужденной активности найден равным 28 мин (тем самым ученые наблюдали распад RaB с $T_{1/2} = 27$ мин), а период полураспада для эманации радия — 4 дня.

Curie P., Danne J. Sur la disparition de la radioactivité induite par le radium sur les corps solides.— «*Compt. rend.*», 1903, v. 136, p. 364—366.

П. Кюри и Ж. Данн (во Франции) исследовали поведение эманации радия и измерили ее коэффициент диффузии в воздухе. Ученые подтвердили, что эманация радия ведет себя как газ.

Curie P., Danne J. Sur l'émanation du radium et son coefficient de diffusion dans l'air. — «Compt. rend.», 1903, v. 136, p. 1314—1316.

В. Нернст (в Германии), преследуя цель построить общую атомистическую теорию электричества и объяснить поляризационные свойства эфира, развил представления о существовании комбинации отрицательного (\ominus) и положительного (\oplus) электронов.

Nernst W. Theoretische Chemie vom Standpunkt der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik. Stuttgart, 1909, S. 397.

Э. Резерфорд (в Канаде) показал, что α -лучи отклоняются в магнитном поле в противоположную β -лучам сторону, т. е. α -лучи состоят из положительно заряженных частиц, скорость α -частиц равна $2,5 \cdot 10^9$ см/сек, отношение заряда к массе $(e/m) = 6 \cdot 10^3$.

Rutherford E. The magnetic and electric deviation of the easily absorbed rays from radium. — «Phil. Mag.», 1903, ser. 6, v. 5, p. 177—187.

В июне М. Кюри (во Франции) в своей диссертации впервые опубликовала полную схему отклонения α -, β -частиц и γ -лучей в магнитном поле. При этом γ -лучи не отклоняются, а α - и β -частицы отклоняются в противоположные стороны (α -частицы — слабо, β -частицы — очень сильно).

Skłodowska-Curie M. Recherches sur les substances radio-actives. — Thèse du Doctorat. Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Т. де Кудр (во Франции) повторил эксперименты Э. Резерфорда (см. выше) по определению e/m для α -частицы. Он использовал для регистрации α -частиц фотометод,

а в качестве источника α -частиц — чистый препарат бромида радия. Ученый нашел значение $(e/m) = 6,3 \cdot 10^8$; среднюю скорость α -частиц — $1,65 \cdot 10^9$ см/сек.

De Coudres Th. Zur electrostatischen Ablenkbarkeit der Rutherfordstrahlen.— «Phys. Z.», 1903, Bd 4, S. 483—485.

А. Дебьерн (во Франции) наблюдал эманацию актиния с периодом полураспада 3,9 сек и актиниевый активный осадок ($T_{1/2} \approx 0,5$ ч).

Debiere A. Sur la radio-activité induite provoquée par les sels d'actinium.— «Compt. rend.», 1903, v. 186, p. 446—449.

Э. Резерфорд (в Канаде) показал связь между «возбужденной активностью» (позднее названной «активным осадком»), вызываемой радиоэлементами, и эманациями, выделяемыми радиоэлементами. Было показано, что эманация является обязательным промежуточным звеном в радиоактивном превращении начального элемента (тория или радия) и его «возбужденной активностью».

Rutherford E. Excited radioactivity and the method of its transmission.— «Phil. Mag.», 1903, ser. 6, v. 5, p. 95—111.

В. Рамзай и Ф. Содди (в Англии) собрали газ, накопившийся над препаратом ранее тщательно очищенного бромида радия (RaBr_2). Исследование спектра данного газа показало наличие в нем гелия. Тем самым было доказано, что одним из продуктов распада радия является гелий.

Ramsay W., Soddy F. Gases occluded by radium bromide.— «Nature», 1903, v. 68, p. 246.

П. Кюри и А. Лаборд (во Франции) обнаружили, что температура соли радия (RaCl_2) всегда в среднем на $1,5^\circ$ С выше, чем окружающих предметов. Ученые установили, что «1 грамм радия выделяет количество тепла порядка 100 малых калорий за 1 час». Далее был сделан вывод, что «непрерывное выделение такого количества тепла не может быть объяснено обычным химическим превращением. Если искать причину образования тепла в каких-то внутренних прев-

ращениях, то эти превращения должны быть более сложной природы и должны быть вызваны какими-то изменениями самого атома радия».

Curie P., Laborde A. Sur la chaleur dégagée spontanément par les sels de radium.— «Compt. rend.», 1903, v. 136, p. 673—675.

Э. Резерфорд и Ф. Содди (в Канаде) точно измерили период полураспада UX, а также определили скорость его накопления в чистом уране. Оба значения оказались равными приблизительно 22 дням.

Rutherford E., Soddy F. The radioactivity of uranium.— «Phil. Mag.», 1903, ser. 6, v. 5, p. 441—445.

Э. Резерфорд и Ф. Содди (в Канаде) выполнили сравнительное изучение активности радия и тория. Ученые попытались выделить в радиевой серии продукт, промежуточный между радием и эманацией радия (он соответствовал бы ThX в ториевой серии), но обнаружить этот продукт не удалось.

Это был первый случай использования «гипотезы о возможном сходстве радиоактивных рядов» для обнаружения новых радиоэлементов.

Rutherford E., Soddy F. A comparative study of the radioactivity of radium and thorium.— «Phil. Mag.», 1903, ser. 6, v. 5, p. 445—457.

Э. Резерфорд и Ф. Содди (в Канаде) подчеркнули материальный характер продуктов радиоактивного превращения, дав им общее название метаболонов, чтобы оттенить общее свойство их атомов — неустойчивость. Ученые построили первые цепочки распада — радиевую, урановую, ториевую и высказали предположение, что радий образуется в результате распада долгоживущих урана или тория.

Rutherford E., Soddy F. Radioactive change.— «Phil. Mag.», 1903, ser. 6, v. 5, p. 576—591.

В. Крукс (в Англии) изобрел спинтарископ — прибор для визуального подсчета α -частиц, которые, попадая на экран, покрытый сернистым цинком, давали вспышки.

Crookes W. Spinthariscopes. — «Soc. franc. Phys.», 1903, v. 200, p. 1.

Н. Н. Бекетов (в России) независимо от Резерфорда и Содди выдвинул гипотезу о том, что радиоактивность — самопроизвольный распад атомов радиоактивных веществ. Ученый высказал также идеи относительно образования атомов химических элементов и предела их прочности.

Бекетов Н. Н. О химической энергии в связи с явлениями, представляемыми радием. — «ЖРФХО», 1903, т. 35, ч. хим., с. 189—197.

1904

Р. Абегг (в Германии) ввел представление о двоякой валентности элементов: нормальной и контрвалентности. Согласно Абеггу, каждый элемент должен одновременно обладать максимальными положительными и отрицательными валентностями, сумма которых равна 8. Валентности, имеющие численные значения менее 4, являются нормальными, и они выражены резче, чем контрвалентности. Абегг привел следующую схему распределения валентности по группам периодической системы:

Группа	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Нормальная валентность	0	+1	+2	+3	± 4	-3	-2	-1
Контрвалентность	-8	-7	-6	-5		+5	+6	+7

В группах IV—VII два рода валентностей отвечают валентностям элементов в типичных водородных и кислородных соединениях.

A b e g g R. Die Valenz und das periodische System. Versuch einer Theorie der Molekularverbindungen. — «Z. anorgan. Chem.», 1904, Bd 39, S. 330—380.

Дж. Томсон (в Англии) предложил модель строения атома. По Томсону, электроны располагаются в одной плоскости внутри сферы, имеющей положительный заряд. При малом числе электронов они размещаются на равных расстояниях от центра положительной сферы; когда их

число возрастает, то они располагаются в виде оболочек или колец. Томсон рассчитал числа электронов в кольцах для различных конфигураций, содержащих от 1 до 100 электронов. Таким образом, Томсон впервые выдвинул идею о слоистом строении атома, иначе говоря, обсудил возможность распределения атомных электронов по определенным устойчивым оболочкам. Ученый впервые предпринял попытку объяснить периодичность изменения химических свойств элементов, основываясь на своей теории строения атома. По его мнению, свойства атомов, составленных из похожих друг на друга «корпускулярных групп», имеют много общего, следовательно, сходными будут и соответствующие элементы. Рассматривая различные конфигурации электронных колец внутри атома, Томсон показал, что устойчивость этих конфигураций меняется периодически по мере увеличения числа электронов.

Томсону, однако, не было известно общее число электронов в атоме, и оставался неясным вопрос о форме существования положительного электрического заряда.

Thomson J. J. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure.— «Phil. Mag.», 1904, ser. 6, v. 7, p. 237—265.

В мае Х. Нагаока (в Японии) для объяснения оптических спектров и явления радиоактивности предложил модель «сатурноподобного» атома: центральное тело (положительно заряженная частица) и расположенные вокруг него кольца (отрицательные электроны). По мнению Нагаоки, «такая система может рассматриваться как идеальный атом», причем атом представляет собой «квазистабильную систему», которая иллюстрирует явление радиоактивности способностью при высоких атомных весах с огромной скоростью выбрасывать легкие составные части, находящиеся в тяжелом нестабильном кольце.

Nagaoka H. Kinetics of a system of particles illustrating the line and band spectrum and the phenomena of radioactivity.— «Phil. Mag.», 1904, ser. 6, v. 7, p. 445—455.

Э. Резерфорд (в Канаде) изучал активные осадки радиевого, ториевого и актиниевого рядов и показал, что спад

активности не соответствует простому экспоненциальному закону. Тщательный анализ хода кривых спада активности позволил Резерфорду обнаружить существование в активном осадке тория продуктов с периодами полураспада 11 ч (ThB) и 55 мин (ThC); в активном осадке радия этим же методом обнаружены продукты с периодами полураспада 3 мин (RaA), 28 мин (RaB), 21 мин (RaC), 40 лет (RaD), 1 год (Po — RaF); в активном осадке актиния обнаружены продукты с периодами полураспада 41 мин (AcB) и 1,5 мин (AcC). Резерфорд отметил большое сходство трех серий распада; на основе этой аналогии предсказано существование AcX.

В целом, данная работа явилась дальнейшим развитием теории радиоактивного распада, выдвинутой Резерфордом и Содди в 1902 г.

Rutherford E. The succession of changes in radioactive bodies.— «Phil. Trans. Roy. Soc.», 1904, ser. A, v. 204, p. 169—219.

Э. Резерфорд (в Канаде) открыл новый β -излучатель (RaE) в активном осадке радия с $T_{1/2} \approx 5$ дней.

Rutherford E. Slow transformation products of radium.— «Phil. mag.», 1904, ser. 6, v. 8, p. 639—650.

В. Рамзай (в Англии) провел детальное исследование физических и химических свойств эманации радия. Он показал, что это инертный газ с плотностью около 80 и атомным весом 160; газ, вероятно, одноатомный. Поскольку «эманация радия» — название длинное и «мистическое», Рамзай предложил называть этот газ «эксрадием».

Ramsay W. Emanation du radium (Exradio), ses proprietes et ses changements.— «Compt. rend.», 1904, v. 138, p. 1388—1394.

П. Кюри и Дж. Дьюар (во Франции и Англии) спектроскопически изучали газ, выделяемый бромистым радием. Препарат плавился в кварцевой трубке, и выделявшиеся газы тщательно отсасывались, причем эманация и менее летучие газы конденсировались жидким воздухом. Через 20 дней в кварцевой трубке над радием был обнаружен

спектроскопически чистый гелий. Таким образом, было доказано, что не только эманация радия (см. с. 49), но радий распадается с выделением гелия.

Dewar J., Curie P. Examen des gaz occlus ou dégagés par le bromure du radium.— «Compt. rend.», 1904, v. 138, p. 190—192.

Дж. Мак-Клелланд (в Канаде) показал, что каждая α -частица из эманации радия за время своего пробега производит $6 \cdot 10^9$ ионов.

McClelland J. A. On the emanation given off by radium.— «Phil. Mag.», 1904, ser. 6, v. 7, p. 355—362.

Ф. Гизель (в Германии) впервые наблюдал спектр эманя (актиния).

Giesel F. Über den Emanationskörper (Emanium).— «Berichte», 1904, Bd 37, S. 1696—1699.

Ю. Гартман (в Германии) более точно, чем Гизель (см. с. 46), измерил длину волн спектральных линий эманя (актиния). Яркость линий была очень незначительна, что требовало длительной экспозиции. Гартман предположил, что спектральные линии эманя (актиния) могут быть найдены в спектре новых звезд.

Hartmann J. Über das Spectrum des Emaniumlichtes.— «Phys. Z.», 1904, Bd 5, S. 570.

Ф. Гизель (в Германии) выделил из соли эманя (актиния) радиоэлемент EmX, химически тождественный ThX.

Giesel F. Untersuchungen über das Emanium (Actinium). «Jahrb. Radioakt.», 1904, Bd I. S. 345—358.

Ф. Содди (в Англии), анализируя свойства полония и «радиотеллура», предложил называть их одним именем, так как эти радиоэлементы оказались тождественными. Поскольку этот радиоэлемент впервые выделили супруги Кюри, то, по мнению Содди, за ним следовало оставить название полоний.

Soddy F. Radio-tellurium.— «Nature», 1904, v. 69, p. 461—462.

Г. Мак-Кой (в США) показал, что соотношение радия и урана постоянно для многих радиоактивных минералов; в то же время это отношение всегда меньше у солей урана. Данный факт мог рассматриваться как доказательство происхождения радия из урана.

McCoy H. W. Über das Entstehen des Radiums.— «Berichte», 1904, Bd 37, S. 2641—2656.

Б. Болтвуд (в США), изучая соотношение между радием и ураном в различных радиоактивных минералах, подтвердил предположение Дж. Томсона и Э. Резерфорда, что радий может образовываться в результате распада урана.

Boltwood B. B. Ratio of radium to uranium in some minerals.— «Amer. J. Sci.», 1904, v. 18, p. 97—103.

1905

А. Вернер (в Швейцарии) предложил вариант длинной формы периодической системы элементов, который наиболее близок к современному. Среди особенностей таблицы Вернера нужно отметить следующие: 1) предположение о существовании легкого аналога галогенов, который должен размещаться перед He; 2) четко отмечены пробелы, которые отвечали неизвестным в то время элементам (впоследствии с $Z = 43, 61, 75, 85, 87$); 3) структура седьмого периода, по Вернеру, идентична структуре шестого. Он рассматривал Th как аналог Ce, U как аналог Eu, Ac (со знаком вопроса) как аналог Tu (таким образом, вариант Вернера как бы содержал зародыш будущей актиноидной концепции); 4) лантан не рассматривается в качестве непосредственного аналога Sc и Y; 5) помещены гипотетические аналоги Pb, Bi и Te (как αPb , αBi , αTe); тем самым Вернер как бы допускал возможность существования очень тяжелых элементов в конце седьмого периода.

Werner A. Beitrag zum Aufbau des periodischen System.— «Berichte», 1905, Bd 38, S. 914—921.

Э. Швейдлер (в Австрии), опираясь на теорию радиоактивных превращений Резерфорда — Содди, установил статистический характер закона радиоактивных превращений. Ученый теоретически доказал, что число атомов радиоактивного вещества, распавшихся за 1 сек, должно

отличаться от среднего значения. Таким образом, распад данного атома подчиняется закону случайности. Вероятность того, что данный атом испытывает превращение в течение некоторого определенного временного интервала, не зависит от времени, прошедшего с момента образования атома, и является общей константой для всех атомов того же типа или одного и того же радиоактивного вещества.

Schweidler E. Premier congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation tenu à Liege du 12—14 septembre 1905. Bruxelles. Compt. rend., 1906.

Ф. Содди (в Англии) на основе вывода Марквальда, что RaF является аналогом серы, приближенно вычислил атомный вес RaF (210—212) и показал, что последним продуктом ряда распада урана должен быть свинец или висмут.

Soddy F. Annual reports on the progress of chemistry for 1905. London, 1906, p. 310.

Т. Годлевский (в Канаде), исходя из аналогии радиоактивных рядов Th и Ac, описал способы выделения нового радиоактивного элемента в актиниевом семействе — актиния-X (AcX) с периодом полураспада 10,2 дня.

Godlewski T. Actinium and its successive products.— «Phil. Mag.», 1905, ser. 6, v. 10, p. 35—45.

А. Дебьерн (во Франции) наблюдал накопление гелия в образце актиния.

Debierne A. Sur les gaz produits par l'actinium.— «Compt. rend.», 1905, v. 141, p. 383—385.

О. Ган (в Англии) открыл в минерале торините новый радиоактивный элемент — радиоторий. Этот радиоактивный элемент испускал ториевую эманацию во много раз интенсивнее, чем чистый торий, поэтому Ган заключил, что радиоторий суть продукт распада тория.

Hahn O. A new radio-active element which evolves thorium emanation. Preliminary communication.— «Proc. Roy. Soc.», 1905, v. A76, p. 115—117.

О. Саккур (в Англии, в лаборатории В. Рамзая) пытался отделить радиоторий от тория электрохимическим методом, но не смог, хотя повышенная активность ториевого раствора свидетельствовала о наличии в нем нового радиоэлемента.

O. Sackur. Über die Radioaktivität des Thoriums.— «Berichte», 1905, Bd 38, S. 1756—1761.

Ф. Гизель (в Германии) независимо от Т. Годлевского открыл АсХ (эманий-Х).

Giesel F. Über Emanium.— «Berichte», 1905, Bd 38, S. 775—778.

В. Марквальд (в Германии) изучал свойства актиния и эмания. Он приготовил раствор актиния (по методике А. Дебьерна — см. с. 35) и раствор эмания и попытался изучить изменение их активности со временем. Он показал, что актиний, выделяя актиниевую эманацию, через несколько месяцев потерял свою активность. Эманий же был вначале лишь слабо активным, но со временем значительно увеличил свою активность. Поэтому Марквальд решил, что эманий и актиний не идентичны, как считал А. Дебьерн, но следуют генетически друг за другом ($Em \rightarrow Ac$). То, что он расположил радиоэлементы именно таким образом, а не наоборот, доказывает, что Марквальд первым наблюдал накопление в актиниевых растворах радиоактиния.

Markwald W. Über Aktinium-Emanium.— «Berichte», 1905, Bd 38, S. 2264—2266.

Э. Резерфорд (в Канаде) высказал предположение, что возможен постепенный распад всех видов материальных веществ, а не только радиоактивных. При этом, возможно, выделяющиеся частицы испускаются со столь малой скоростью, что не вызывают сколько-нибудь заметного электрического или фотоэффекта.

Rutherford E. Some properties of the α -rays from radium.— «Phil. Mag.», 1905, ser. 6, v. 10, p. 163—176.

О. Ган и О. Саккур (в Англии) прямым измерением периодов полураспада эманаций, выделяемых из препаратов

актиния и эманья, доказали идентичность этих препаратов.

Hahn O., Sackur O. Die Zerfallskonstante der Emanation des Emaniums und Aktiniums.— «Berichte», 1905, Bd 38, S. 1943—1946.

Э. Резерфорд и Г. Барнс (в Канаде) изучали тепловой эффект γ -излучения радия. Ученые показали, что поглощение и, следовательно, тепловой эффект γ -лучей очень слаб; наибольшая часть теплоизлучения радия может быть обусловлена излучением атомами радия тяжелых α -частиц.

Rutherford E., Barnes H. T. Heating effect of the γ -rays from radium.— «Phil. Mag.», 1905, ser. 6, v. 9, p. 621—628.

Б. Болтвуд (в США) показал постоянство отношения U/Ra в 22 различных радиоактивных минералах. Поскольку во всех минералах содержится свинец, то Болтвуд предположил, что свинец может быть одним из продуктов радиоактивного распада.

Boltwood B. B. The origin of radium.— «Phil. Mag.», 1905, ser. 6, v. 9, p. 599—613.

1906

И. Ридберг (в Швеции) обратил внимание на то, что «в периодической системе числа 2, 8 и 18 играют большую роль», и их можно представить как $2 = 2 \cdot 1^2$, $8 = 2 \cdot 2^2$ и $18 = 2 \cdot 3^2$

Этот ряд можно было бы продолжить так: $32 = 2 \cdot 4^2$, $50 = 2 \cdot 5^2$ и т. д. Отсюда Ридберг сделал заключение, что «период, начинающийся ксеноном и заканчивающийся эманацией, заключает в себе 32 элемента, а не $18 \cdot 2 = 36$ ».

Rydberg I. Electron, der erste Grundstoff. Lund., 1906.

Ш. Матиньон и Е. Казес (во Франции) получили соединения двухвалентного самария.

Matignon C., Cazes E. Un nouveau type de composés dans le groupe des métaux rares.— «Compt. rend.», 1906, v. 142, p. 83—85.

Дж. Томсон (в Англии) сделал попытку оценить число «корпускул» (электронов) в атоме. С этой целью он использовал три метода: 1) рассеяние света газами; 2) рассеяние рентгеновских лучей в газах и 3) поглощение β -лучей. В итоге Томсон пришел к выводу, что «число корпускул не очень отличается от атомного веса».

Thomson J. J. On the number of corpuscles in an atom.— «Phil. Mag.», 1906, ser. 6, v. 11, p. 769—781.

Ч. Баркла (в Англии) показал, что поглощение металлами вторичного излучения, вызванного рентгеновским излучением, является периодической функцией их атомных весов.

Barclay Ch. Secondary Röntgen rays and atomic weight.— «Nature», 1906, v. 73, p. 365.

Ч. Баркла (в Англии) экспериментально показал, что число электронов, рассеивающих рентгеновские лучи, для легких элементов (кроме водорода) примерно равно половине атомного веса.

Barclay Ch. Secondary Röntgen radiation.— «Phil. Mag.», 1906, ser. 6, v. 11, p. 812—828.

К. Кольрауш (в Австрии) экспериментально обосновал теорию Швейдлера о статистическом характере закона радиоактивных превращений.

Kohlrausch K. Über Schwankungen der radioaktiven Umwandlung.— «Sitzungsber. Wien. Akad. Wiss.», 1906, Bd 115, (IIa), S. 673—682.

Э. Резерфорд (в Канаде) с помощью установки, применявшейся для отклонения лучей в магнитном поле, впервые обнаружил явление рассеяния α -частиц.

Rutherford E. The mass and velocity of the α -particles expelled from radium and actinium.— «Phil. Mag.», 1906, ser. 6, v. 12, p. 348—371.

Э. Маркс (в Германии) с помощью исключительно тонкого эксперимента показал, что скорость рентгеновских лучей равна скорости света (в пределах погрешности опыта).

Marx E. Die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen; Experimentaluntersuchung.— «Ann. Phys.», 1906, Bd 20, S. 677—772.

О. Ган (в Канаде) открыл новый радиоэлемент в актиниевом ряду, используя химический процесс выделения радотория. Новый радиоэлемент с периодом полураспада 19,5 дня назван радиоактинием. Продуктом распада радиоактиния является уже известный АсХ.

Hahn O. Über das Radioactinium. — «Phys. Z.», 1906, Bd 7, S. 855—864.

Ф. фон Лерх (в Германии) изучал способы отделения RaC от RaB. Он убедился, что эти радиоэлементы могут быть разделены теми же способами, которые ранее обычно использовались для отделения ThB от ThA. Таким образом, RaC осаждается на медных и никелевых пластинках в растворах концентрированных кислот. Определенные периоды полураспада для чистых RaB и RaC дали значения соответственно 26,7 и 19,5 мин.

Lerch F. Trennungen des Radiums C von Radium B. — «Ann. Phys.», 1906, Bd (4) 20, S. 345—354.

Ф. Гизель (в Германии) попытался получить полоний по методу М. и П. Кюри. Но радиоэлемент, осевший на висмутовой пластинке, оказался не α -, а β -излучателем. Гизель измерил период полураспада этого вещества ($T_{1/2} = 6,14$ дня), постоянную распада ($\lambda = 0,1128$) и вычислил его среднее время жизни ($T_{\text{ср}} = 8,86$ дня). Новое вещество Ф. Гизель назвал β -полонием.

Giesel F. Über β -Polonium. — «Berichte», 1906, Bd 39, S. 780—784.

Ф. Гизель (в Германии) установил, что его β -полоний идентичен RaE, открытому Э. Резерфордом (см. с. 53).

Giesel F. Über β -Polonium. — «Berichte», 1906, Bd 39, S. 1014.

С. Мейер и Э. Швейдлер (в Австрии) попытались разместить радиоэлементы трех радиоактивных семейств в периодической системе. При этом радиоэлементы актиниевого семейства (Ac, AcX, AcEm, AcA, AcB) размещены между Ta и Yb; радиоэлементы ториевого семейства (Th, RdTh, ThX, ThEm, ThA, ThB) занимают места между Th и

Bi (соответственно Ac приписан атомный вес 180, RdTh — 220). Чтобы разместить радиоэлементы радиевого семейства, ученые предположили существование в природе элемента с атомным весом 270 (уран II), из которого в процессе распада образуется UX(Ra) (с атомным весом 260) и остальные радиоэлементы радиевого семейства, кончающегося Po(RaG) с атомным весом 235. Помещая AcX и ThX в группу щелочных металлов, ученые предположили существование RaX в радиевом семействе.

Meyer S., Schweidler E. Untersuchungen über radioaktive Substanzen. — «Sitzungsber. Wien», 1906, Bd 115, S. 63—88.

1907

Ж. Урбен (во Франции) доказал, что иттербий является смесью двух составляющих: одну из них ученый назвал неoitтербием, другую — лютецием (Lu). Лютеций, как выяснилось позднее, оказался самым тяжелым редкоземельным элементом; за неoitтербием сохранилось прежнее название «иттербий».

Urban G. Un nouvel élément: le lutécium résultant du dédoublement de l'ytterbium de Marignac. — «Compt. rend.», 1907, v. 145, p. 759—762.

К. Ауэр фон Вельсбах (в Австрии) независимо от Ж. Урбена разделил иттербий на две составляющих, которым дал названия альдебараний и кассиопей. Однако свои результаты ученый опубликовал позднее Урбена, в связи с чем честь открытия элемента 71 приписывается французскому исследователю.

Auer von Welsbach C. Die Elemente der Yttergruppe. — «Monatsch.», 1906, Bd 27, S. 935—946; Die Zerlegung des Ytterbiums in seine Elemente. — «Monatsch.», 1908, Bd 29, S. 181—225.

Н. А. Морозов (в России) опубликовал книгу «Периодические системы строения вещества. Теория образования химических элементов», которая была написана еще в середине 90-х годов XIX столетия, в период заточения ее автора в Шлиссельбургской крепости. Н. А. Морозов доказывал, в частности, что наряду с системой минеральных

элементов (менделеевской периодической системой) может существовать периодическая система карбогидридов (углеводородов C_xH_y). Анализируя и сопоставляя обе системы, Морозов высказал идею о существовании химически недействительных элементов.

Морозов Н. А. Периодические системы строения вещества. Теория образования химических элементов. М., 1907.

Дж. Томсон (в Англии) опубликовал книгу «Корпускулярная теория вещества», в которой обобщил свои представления относительно строения атомов. Он рассмотрел вопрос о расположении и числе корпускул (электронов) в атоме и вновь предпринял (см. с. 52) попытку объяснить периодичность изменения свойств химических элементов в связи с особенностями расположения электронов в атоме.

Томсон Дж. Корпускулярная теория вещества. Спб., 1910.

О. Ган (в Германии) доказал существование нового радиоэлемента в ряду тория, названного им мезоторием ($MsTh$), который в цепочке распада располагается между торием и радиторием.

Hahn O. Ein neues Zwischenprodukt im Thorium.— «Berichte», 1907, Bd 40, S. 1462—1469.

Н. Кэмпбелл и А. Вуд (в Англии) наблюдали очень слабое β -излучение у калия и рубидия — элементов середины периодической системы. Было показано, что активность рубидия выше активности калия.

Campbell N., Wood A. The radio-activity of the alkali metals.— «Proc. Cambr. Phil. Soc.», 1907, v. 14, p. 15—21.

Б. Болтвуд (в США) показал, что в урансодержащих минералах свинец встречается в постоянном количественном отношении к урану, что позволяет считать свинец конечным продуктом распада урана.

Boltwood B. B. On the ultimate disintegration products of the radio-active elements. Part II. The disintegration products of uranium.— «Amer. J. Sci.», 1907, v. 23, p. 77—78.

Б. Болтвуд (в США) подтвердил открытие О. Ганом мезотория (см. с. 62), описал несколько химических операций по выделению этого продукта, промежуточного между торием и радиоторием. Новый радиоэлемент можно выделить по методике химического выделения ThX; эти два радиоэлемента очень близки по своим химическим свойствам, как торий близок радиоторию.

Boltwood B. B. On the radio-activity of thorium salts.— «Amer. J. Sci.», 1907, v. 24, p. 93—100.

Б. Болтвуд (в США) описал метод выделения, химические свойства и вид излучения нового радиоэлемента, при распаде которого образуется радий. Новый радиоэлемент был назван ионием (Io).

Boltwood B. B. Note on a new radio-active element.— «Amer. J. Sci.», 1907, v. 24, p. 370—372.

Г. Бронсон (в Англии) четко показал ошибочность выводов П. Кюри и Ж. Данна, что скорость распада атомов радия и его продуктов меняется при нагревании выше 800 °С. Г. Бронсон провел эксперименты в интервале температур от -180 до $+1600$ °С и убедительно показал, что активность радиоактивных веществ не изменяется при перепадах температуры.

Bronson H. L. The effect of temperature on the activity of radium and its transformation products.— «Proc. Roy. Soc.», 1907, ser. A, v. 78, p. 494—500.

С. Мейер и Э. Швейдлер (в Германии) в работе по электрохимии радиосвинца показали, что существуют два E-продукта в урановой серии — RaE_1 и RaE_2 .

Meyer S., Schweidler E. Bemerkung zu einer Notiz des Herrn H. W. Schmidt betreffend RaE_1 und RaE_2 .— «Phys. Z.», 1907, Bd 8, S. 457.

А. Ван-ден-Брук (в Голландии) выступил со своей первой работой « α -Частица и периодическая система элементов». За основу классификации элементов им был взят альфон («половина» атома гелия). Общее количество эле-

ментов в периодической системе равнялось 120, длина каждого из пятнадцати периодов принималась постоянной и равной 8. Каждому четному числу («теоретическому» атомному весу) от 2 («альфон») до 240 (уран) должен был соответствовать один элемент.

Van den Broek A. Das α -Teilchen und das periodische System der Elemente.— «Ann. Phys», 1907, ser. 4, Bd 23, S. 199—203.

Э. Резерфорд (в Англии) показал, что утверждение Болтвуда о том, что актиний является родительским веществом для радия, неверно: сам актиний не превращается в радий, зато «в обычных коммерческих препаратах актиния существует новое вещество, которое медленно превращается в радий. Этот непосредственный предшественник радия химически отличен от актиния и радия и их известных продуктов». Таким образом, Резерфорд был первым, кто фактически наблюдал ионий.

Rutherford E. The origin of radium.— «Nature», 1907, v. 76, p. 126.

Ф. Содди (в Англии) показал, что его представления относительно родительского радиоэлемента для радия хорошо объясняются результатами работы Э. Резерфорда (см. выше).

Soddy F. The origin of radium.— «Nature», 1907, v. 76, p. 150.

Н. Кэмпбелл (в Англии) доказал наличие естественной β -активности у химического элемента калия.

Campbell N. The β -rays from potassium.— «Proc. Camb. Phil. Soc.», 1907, v. 14, p. 211—216.

Г. Шмидт (в Германии) показал, что при прохождении β -излучения UX через различные вещества происходит поглощение и отражение β -частиц, причем коэффициенты поглощения и отражения зависят от атомного веса и плотности поглощающего вещества.

Schmidt H. Über Reflexion und Absorption von β -Strahlen.— «Ann. Phys.», 1907, Bd 23. S. 671—697.

1908

Б. Браунер (в Праге) предложил новый вариант размещения редкоземельных элементов в периодической системе, основанный на их распределении по группам. Данная работа Браунера оказалась, таким образом, отказом от идеи интерпериодической группы и возвратом к его прежним представлениям 1881 г. Однако существенным достоинством рассматриваемой работы явилось то, что Браунер впервые достаточно четко сформулировал представление о наличии в семействе редкоземельных элементов внутренней периодичности. По мнению Браунера, по ряду своих свойств (основность, степень электроположительности и пр.) редкоземельные элементы не составляют непрерывного ряда, а образуют два параллельных. Далее Браунер впервые подчеркнул особое сходство лантана, гадолиния и лютеция; этот факт впоследствии приобрел особое значение для систематики редкоземельных элементов. В новом варианте Браунера самарий непосредственно следовал за неодимом, хотя в дискуссии по своей работе Браунер говорил, что разница в атомных весах этих элементов представляется ему аномально большой.

Brauner B. Über die Stellung der Elemente der seltenen Erden im periodischen System von Mendelejeff. — «Z. Elektrochem.», 1908, Bd 14, S. 525—528.

В. Рамзай (в Англии) предложил своеобразную периодическую систему, попытавшись поместить в ней радиоактивные инертные газы — эманации радия, тория и актиния. Он считал, что атомные веса эманаций равны соответственно 172, 216 и 260.

Ramsay W. A search for possible new members of the inactive series of gases. — «Proc. Roy. Soc.», 1908, ser. A, v. 81, p. 178—180.

Ж. Урбен и К. Янтч (во Франции) доказали наличие четырехвалентного состояния у тербия.

Urban G., Jantsch C. Sur quelques composés du terbium et du dysprosium. — «Compt. rend.», 1908, v. 146, p. 127—129.

В. Ритц (в Германии) сформулировал так называемый комбинационный принцип: «Если даны формулы серий

и известны входящие в них постоянные, то путем комбинации в виде сумм или разностей можно новую открытую линию вывести из ранее известных». Фундаментальное значение комбинационного принципа состоит в том, что, представляя волновое число спектральной линии в виде разности двух термов, можно определить два различных состояния, или уровня, энергии рассматриваемого атома. Таким путем, анализируя много линий или серий линий одного и того же элемента, можно установить большое число его состояний, или уровней, энергии. Комбинационный принцип является фундаментом не только боровской, но и квантовой механической теории спектров.

Ritz W. Gesammelte Werke, Herausgegeben von der Schweizer Phys. Ges., Paris, 1911, S. 162.

О. Ган (в Германии) показал, что мезоторий состоит из двух продуктов. Новый радиоэлемент (с периодом полураспада 6,2 ч) оказался промежуточным между мезоторием (MsTh) и радиоторием (RaTh). Поэтому мезоторий был переименован в мезоторий I, а новый радиоэлемент назван мезоторием II. Изучение кривых распада показало, что никаких других радиоэлементов между торием и радиоторием не существует.

Hahn O. Ein kurzlebiger Zwischenprodukt zwischen Mesothor und Radiothor.— «Phys. Z.», 1908, Bd 9, S. 246—248.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии), изучая β -излучатели в активном осадке актиниевого ряда, открыли новый радиоэлемент AcC (ныне AcC').

Hahn O., Meitner L. Aktinium C, ein neues kurzlebiger Produkt des Aktiniums.— «Phys. Z.», 1908, Bd 9, S. 649—655.

Б. Болтвуд (в США) экспериментально оценил вклад каждого радиоэлемента уранового ряда в общую радиоактивность урановых минералов с достигнутым равновесным состоянием. Поскольку отношение активности актиниевых продуктов к активности урановых продуктов постоянно в различных минералах, то Болтвуд сделал вывод, что актиний и его продукты являются боковой ветвью

распада урана. Болтвуд также пришел к выводу, что каждый атом урана испускает две α -частицы на каждую α -частицу последующего продукта. Это было фактически первое указание на существование вскоре открытого III.

Boltwood B. B. On the radio-activity of uranium minerals.— «Amer. J. Sci.», 1908, v. 25, p. 269—298.

Б. Болтвуд (в США) показал, что урановые минералы содержат новый радиоактивный элемент, названный им ионием. Химическое поведение иония подобно химическому поведению тория, и оба элемента не могут быть разделены. Повышение содержания радия в растворах иония служит доказательством того, что радий образуется при распаде иония. По Болтвуду, ионий является промежуточным продуктом между UX и Ra.

Boltwood B. B. On ionium. A new radio-active element.— «Amer. J. Sci.», 1908, v. 25, p. 365—381.

Дж. Дьюар (в Англии) вычислил скорость накопления гелия в препаратах радия; ее значение оказалось очень близким к теоретическому значению, вычисленному Резерфордом и Гейгером (см. с. 68), что доказало хорошую точность измеренного ими заряда α -частицы.

Dewar J. The rate of production of helium from radium.— «Proc. Roy. Soc.», 1908, ser. A, v. 81, p. 280—286.

Г. Гейгер (в Англии) выполнил эксперименты по рассеянию α -частиц из различных источников на тонких фольгах. «Эксперименты проводились с различными веществами... в надежде установить некоторую связь между энергией рассеяния и энергией поглощения этих материалов». При этом было отмечено, что рассеяние α -частиц происходит на значительные углы.

Geiger H. On the scattering of the α -particles by matter.— «Proc. Roy. Soc.», 1908, ser. A, v. 81, p. 174—177.

Э. Резерфорд и Г. Гейгер (в Англии) измерили заряд, переносимый α -частицей: $9,3 \cdot 10^{-10}$ ед. СГСЭ.

Был вычислен удельный заряд электрона ($e = 4,65 \cdot 10^{-10}$). Было показано, что α -частица идентична дважды ионизированному атому гелия.

Rutherford E., Geiger H. The charge and nature of the α -particle.— «Proc. Roy. Soc.», 1908, ser. A, v. 81, p. 162—173.

Г. Бронсон (в Канаде) тщательно проверил предположение Э. Резерфорда об испускании α -излучателем только одной α -частицы в каждом акте распада в ториевом и актиниевом семействах. Оказалось, что распад эманаций тория и актиния сопровождается двойными вспышками на чувствительном экране спинтарископа, т. е. AcEm и ThEm испускают по две α -частицы на акт распада. Этот результат объясняется тем, что Бронсон впервые наблюдал короткоживущие продукты ториевой и актиниевой эманаций (А-продукты).

Bronson H. On the relative activity of the emanation and the active deposit from thorium and from actinium.— «Phil. Mag.», 1908, ser. 6, v. 16, p. 291—299.

Ч. Баркла и Ч. Сандлер (в Англии) показали, что каждый элемент при облучении катодными и рентгеновскими лучами испускает характеристические первичные или вторичные рентгеновские лучи строго определенной длины волны. Эксперименты показали простую зависимость жесткости характеристических лучей от атомного веса излучающего элемента: жесткость увеличивается с ростом атомного веса. Для соединений характеристическое излучение является суммой излучений элементов, из которых состоит соединение. Результаты, полученные Баркла, позволили сделать вывод, что характеристическое рентгеновское излучение есть фундаментальное свойство атома.

Баркла установил два ряда характеристических лучей, которые он назвал K - и L -излучением, причем K -излучение Баркла наблюдал у элементов от водорода до серебра, а L -излучение — у тяжелых металлов. Обозначения, введенные Баркла (K -, L - и т. д.), позднее были приняты для обозначения электронных оболочек атома. В экспериментах Г. Мозли (см. стр. 94) открытие Баркла оказалось ключом к определению порядковых номеров элементов.

Barckla C h., Sandler C h. Homogeneous secondary Röntgen radiations.— «Phil. Mag.», 1908, ser. 6, v. 16 p. 550—584.

1909

Д. Стрёмгольм и Т. Сведберг (в Швеции) на основании экспериментов по изучению химии радиоэлементов

пришли к выводу о необходимости помещать в одну клетку периодической системы по несколько радиоэлементов. Ученые установили, используя явление изоморфизма как средство изучения химических свойств радиоэлементов, что ThX является аналогом щелочноземельных элементов, причем ThX неотделим химически от радия и AcX ; ионий, торий, UX и RaTh с RaAc неотделимы друг от друга; актиний суть аналог лантана. Эта работа явилась важным звеном в предыстории открытия изотопии.

Strömholm D., Svedberg T. Untersuchungen über die Chemie der radioaktiven Grundstoffe.— «Z. anorg. Chem.», 1909, Bd 61, S. 338—346; Bd 63, S. 197—206.

Дж. Томсон (в Англии) обсудил важнейшие вопросы атомной структуры: «1) Существует ли определенная единица положительного электричества? 2) Если да, то чему равна ее величина?» Ответить на эти вопросы, по его мнению, можно лишь при условии изучения движущихся положительных ионов (α -частиц или каналовых лучей). Обсуждена возможность построения простейшего атома как нейтральной комбинации носителя положительного и отрицательного зарядов. Отношение e/m для положительно заряженного иона иногда много больше, чем 10^4 .

Thomson J. J. Positive electricity.— «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 821—845.

Ф. Содди (в Англии) на основании длительных экспериментов с UX пришел к выводу, что между UX и ионием существует, по крайней мере, один промежуточный продукт — UA с периодом полураспада около 1 года, и предложил следующую цепочку распада: $\text{U} \rightarrow \text{UX} \rightarrow \text{UA} \rightarrow$ «родитель» радия \rightarrow радий.

Soddy F. The relation between uranium and radium.— «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 846—858.

Ф. Содди (в Англии) тщательно исследовал излучение UX и отметил, что количество α -частиц не возрастает при распаде UX ; в то же время UX всегда дает незначительное

число α -частиц, но, как считал Содди, это обусловлено трудно-отделимой примесью урана. Таким образом, открыть новый продукт между UX и радием Содди не удалось, хотя Содди и наблюдал α -излучение UIII.

Soddy F. The rays and product of uranium X.— «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 858—865.

Дж. Мак-Леннан (в Канаде) открыл стабильный продукт распада радиевой серии — RaG.

McLennan J. C. On the relation of «recoil» phenomena to the final radio-active product of radium.— «Nature», 1909, v. 80, p. 490—491.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии) с помощью метода радиоактивной отдачи доказали сложный характер RaC. Было показано, что этот продукт испускает α - и β -частицы, в результате чего образуются два различных продукта.

Hahn O., Meitner L. Nachweis der komplexen Natur von Radium C.— «Phys. Z.», 1909, Bd 10, S. 697—703.

В. Маковер (в Англии) подсчитал число β -частиц, испускаемых RaC, находящихся в равновесии с 1 g Ra ; оно равно $5,0 \cdot 10^{10}$. Знание этой величины помогло позднее выделить побочный продукт в «радиоактивной вилке» у RaC.

Makower W. On the number and the absorption by matter of the β -particles emitted by radium.— «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 17, p. 171—180.

Дж. Грэй (в Англии), спектроскопически исследуя различные старые урансодержащие минералы, подтвердил гипотезу Б. Болтвуда (см. с. 58), что только свинец может быть конечным продуктом урановой серии.

Gray J. A. The ultimate product of the uranium disintegration series.— «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 816—818.

Б. Китман (в Германии) установил, что UX и торий не могут быть разделены химическими способами. Ионий,

с другой стороны, тоже невозможно отделить химически от тория.

Keetman B. Über Ionium. — «Jahrb. Radioakt. Elektr.», 1909, Bd 6, S. 265—274.

Г. Гейгер и Э. Марсден (в Англии) экспериментально доказали, что незначительная часть α -частиц (около $1/8000$, если использовать в качестве источника α -излучения RaC) способна рассеиваться на очень большие углы, причем с увеличением атомного веса рассеивающего элемента растет и число таких частиц.

Geiger H., Marsden E. On a diffuse reflection of the α -particles. — «Proc. Roy. Soc.», 1909, ser. A, v. 82, p. 495—500.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии) методом радиоактивной отдачи открыли новый β -излучатель в ториевой серии — ThD.

Hahn O., Meitner L. Eine neue Methode zur Herstellung radioaktiver Zerfallsprodukte; Thorium D., ein kurzlebige Produkt des Thoriums. — «Berichte», 1909, Bd 11, S. 55—62.

Ф. Содди и А. Рассел (в Англии) предположили, что β -излучение сопровождается переходом UX в радий, а γ -излучение — переход UX в актиний.

Soddy F., Russell A. The γ -rays of uranium and radium. — «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 620—649.

Ф. Содди (в Англии) обсудил трудность «создания какой бы то ни было модели механизма дезинтеграции, описывающей определенные свойства этого процесса». Ученый предложил модель «составного» распада радиоактивного атома. Такой распад характеризуется несколькими константами (λ_1 , λ_2 и т. д.) и может иллюстрировать предполагаемые радиоактивные вилки.

Soddy F. Multiple atomic disintegration. A suggestion in radioactive theory. — «Phil. Mag.», 1909, ser. 6, v. 18, p. 739—744.

А. Камерон (в Англии) попытался разместить все радиоэлементы в периодической системе на основании вида их излучения; при этом ученый предложил следующие правила сдвига: при α -распаде радиоэлемент переходит в соседнюю клетку периодической системы (с более низким атомным весом); при β -распаде происходит переход в эту же клетку либо радиоэлемент остается на прежнем месте. Таким образом, радиоэлементы были размещены в периодической системе произвольно, причем Камерон не учитывал их химические характеристики. Тем не менее, он справедливо помещал по нескольку радиоэлементов в одну клетку периодической системы, радиоактивные ряды шли у него параллельными рядами в периодической системе и, начинаясь ураном, торием и актинием, кончались свинцом.

Cameron A. T. The position of the radioactive elements in the periodic table.— «Nature», 1909, v. 82, p. 67—68.

1910

Р. Милликэн (в США) определил заряд электрона: $e = 4,65 \cdot 10^{-10}$ (значение, хорошо совпадающее с полученным Э. Резерфордом и Г. Гейгером в 1908 г. — см. с. 67). Среднее значение, вычисленное на основании пяти результатов различных исследователей (Планка, Резерфорда и Гейгера, Регенера, Милликена), — $4,69 \times 10^{-10}$. Отсюда расчет массы атома водорода давал значение $1,62 \cdot 10^{-24}$ г.

Millikan R. A. A new modification of the cloud method of determining the elementary electrical charge and the most probable value of that charge.— «Phil. Mag.», 1910, ser. 6, v. 19, p. 209—228.

В. Рамзай и Р. Витлоу-Грей (в Англии) точно измерили атомный вес эманации радия. Среднее (из пяти) значение атомного веса RaEm оказалось равным 222,5. Таким образом, для RaEm были теперь известны физические свойства, спектр, атомный вес, положение в периодической системе. Ученые предложили называть RaEm нитонем (в переводе — «блестящий») и поместить в периодической системе с символом Nt.

Ramsay W., Whittlaw-Gray R. La densité de l'émanation du radium.— «Compt. rend.», 1910, v. 151, p. 126—128.

Г. Н Антонов (в Англии) измерил $T_{1/2}$ для RaE, получив значение 5 дней; $T_{1/2}$ для RaD был определен равным $16,5 \pm 0,5$ лет. Между RaD и RaE промежуточных продуктов не обнаружено. Показано, что RaD, RaE, Po и Ra имеют различные химические свойства и могут быть полностью отделены друг от друга.

Antonoff G. N. Radium D and its products of transformation.— «Phil. Mag.», 1910, ser. 6, v. 19, p. 825—839.

О.Ган и Л. Мейтнер (в Германии) отметили некоторую аналогию между урановым и ториевым радиоактивными рядами. Так, ионий и радиоторий испускают α -частицы и химически неотделимы друг от друга, радий и ThX обладают свойствами щелочноземельных металлов, RaEm и ThEm — инертных газов.

Hahn O., Meitner L. Eine neue β -Strahlung beim Thorium X; Analogien in der Uran- und Thoriumreihe.— «Phys. Z.», 1910, Bd 11, S. 493—497.

М. Кюри и А. Дебьерн (во Франции) впервые выделили чистый металлический радий.

Curie M., Debierne A. Sur le radium métallique.— «Compt. rend.», 1910, v. 151, p. 523—525.

М. Кюри и А. Дебьерн (во Франции) из нескольких тонн урановых отходов выделили 2 мг вещества, содержащего 0,1 мг чистого полония. В спектре препарата наблюдалось четыре новые линии, принадлежащие, возможно, полонию. Было доказано образование гелия из полония.

Curie M., Debierne A. Sur le polonium.— «Le Radium», 1910, v. 7, p. 38—40.

Л. Бланки (во Франции) показала сложный характер распада AcB (теперь AcC) и предположила существование нового, еще не открытого продукта AcB'.

Blanquies L. Sur les constituants de la radio-activité induite de l'actinium.— «Compt. rend.», 1910, v. 151, p. 57—60.

В. Марквальд (в Германии) в результате тщательных исследований доказал невозможность химического разделения мезотория и радия.

Markwald W. Zur Kenntnis des Mesothorium. — «Berichte», 1910, Bd 43, S. 3420—3422.

Ф. Содди (в Англии), комментируя результаты работ Д. Стрёмгольма и Т. Сведберга (см. с. 69), В. Марквальда (см. с. 74), О. Гана и Л. Мейтнер (см. с. 73), писал: «Эти закономерности могут явиться началом новых обобщений, которые прольют свет не только на радиоактивные процессы, но и на элементы вообще и на Периодический закон». Содди предположил, что налицо «не простые химические аналогии, но химические тождества». Поскольку все эти радиоэлементы незначительно отличаются по своему атомному весу, то «химическая однородность более не является гарантией того, что всякий предложенный элемент не является смесью нескольких с различными атомными весами или что атомный вес не есть просто среднее число». Эти идеи Ф. Содди явились подготовкой к открытию изотопии.

Soddy F. Radioactivity. — «Ann. Report Progr. Chem.», 1910, v. 7, p. 285, 286.

Г. Гейгер и Э. Резерфорд (в Англии) сцинтилляционным методом проверили число α -частиц, испускаемых в одном акте распада ураном и торием. Для урана было отмечено испускание двух α -частиц на каждую α -частицу, испускаемую его последующим продуктом. Это подтвердило правильность работы Б. Болтвуда (1908 г.) Две α -частицы могли бы означать существование двух последующих α -продуктов в серии урана или одновременный выброс двух α -частиц одним атомом. Вскоре был открыт III.

Geiger H., Rutherford E. The number of α -particles emitted by uranium and thorium and by uranium minerals. — «Phil. Mag.», 1910, ser. 6, v. 20, p. 691—698.

В. Брэгг (в Англии) высказал предположение, что γ -лучи (а возможно, и рентгеновские) могут представлять собой поток электрически нейтральных частиц-дублетов,

состоящих из одного отрицательного и одного положительного (гипотетического) электронов.

Bragg W. H. The consequences of the corpuscular hypothesis of the γ - and X-rays and the range of β -rays. — «Phil. Mag.», 1910, ser. 6, v. 20, p. 385—416.

1911

А. Рассел и Ф. Содди (в Англии) пытались установить связь между энергией γ - и β -излучений всех радиоэлементов трех семейств и обсудили возможность существования такой связи между α - и β -излучениями.

Russel A., Soddy F. The γ -rays of thorium and actinium. — «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 21, p. 130—154.

К. Фаянс (в Англии) впервые экспериментально доказал существование радиоактивной вилки у RaC. Он пришел к выводу, что для RaC $T_{1/2} = 19,5$ мин, для RaC₂ $T_{1/2} = 1,38$ мин. Образование RaC₂ происходит только в одном случае из 20 000 распадов RaC.

Fajans K. Über die komplexe Natur von Radium C. — «Phys. Z.», 1911, Bd 12, S. 369—377.

А. Ван-ден-Брук (в Голландии) разработал «кубический» вариант графического изображения периодической системы, в котором, оставив без изменения основные положения своей первой работы, но уже без «альфона» (см. с. 63), разместил все известные тогда радиоактивные элементы. Однако открытые вскоре новые радиоактивные элементы (Ull, ThA, AsA) не могли найти места в его таблице.

Van den Broek A. Das Mendelejeffsche «kubische» periodische System der Elemente und die Einordnung der Radioelemente in dieses System. — «Phys. Z.», 1911, Bd 12, S. 490—497.

Э. Резерфорд (в Англии) в мае опубликовал статью «Рассеяние α - и β -частиц веществом и строение атома», в которой он предложил и описал новую атомную модель. Ученый предположил, что отклонение α -частиц на большие углы является следствием однократного рассеяния

в сильном кулоновском поле. Это можно было объяснить при условии, если «атом содержит центральный заряд, распределенный в очень малом объеме». Первоначально Резерфорд ничего не говорил о знаке «центрального» заряда, так как рассеяние α -частиц можно было объяснить независимо от знака заряда, и считал, что «атом имеет заряд $\pm Ne$ в центре, окруженном наэлектризованной сферой, содержащей заряд $\mp Ne$, который мыслится распределенным по всей сфере с радиусом R ». Другим важным выводом работы было установление факта, что внутриатомные заряды приблизительно равны половине атомного веса.

Таким образом, в противовес модели Томсона (см. с. 72) модель Резерфорда четко разграничивала в атоме центральный заряд и расположенные вокруг него электроны.

Rutherford E. The scattering of α - and β -particles by matter and the structure of the atom. — «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 21, p. 669—688.

Ф. Бурион и Ж. Урбен (во Франции) получили соединения двухвалентного европия.

Urbain G., Bourion F. Sur le chlorure européen. — «Compt. rend.», 1911, v. 153, p. 1155—1158.

Н. А. Орлов (в России), принимая в целом браунеровскую идею об интерпериодической группе, возражал против безоговорочного отнесения редкоземельных элементов к IV группе периодической системы, так как «все эти элементы от лантана до лютеция остаются по типу соединений элементами третьей группы». Орлов пытался также провести аналогию между особой близостью свойств редкоземельных элементов, с одной стороны, и идентичностью свойств отдельных плеяд радиоактивных веществ (например, эманаций актиния, тория и радия), — с другой. Исследования Орлова в то время опубликованы не были, и его воззрения приводятся здесь в изложении П. Н. Чирвинского, с которым Орлов переписывался.

См. Чирвинский П. Н. В кн.: Тр. Минералогического музея. Т. 2, Л., 1928.

Г. Вильсон (в Канаде) на основании модели атома Дж. Томсона попытался получить приблизительное решение

проблемы распределения n электронов в положительной сфере, а также рассчитать число электронов в любом атоме на основании атомного веса элемента. Вильсон получил уравнение, показывающее, что число электронов в атоме должно быть примерно в 8 раз больше его атомного веса.

Wilson H. The number of electrons in the atom.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 21, p. 718—722.

А. Ван-ден-Брук (в Голландии) обратил внимание на то, что, согласно результатам Э. Резерфорда (см. с. 59) и Ч. Баркла (см. с. 76) (число электронов в атоме примерно равно половине атомного веса) и его «кубическому» варианту периодической таблицы (см. с. 75), получалось, что число возможных элементов от водорода до урана должно быть равно 120. Отсюда Ван-ден-Брук сделал важный вывод: «Число возможных элементов равно числу постоянных зарядов каждого знака в атоме, или каждому возможному постоянному заряду (обоих знаков) в атоме принадлежит один возможный элемент».

По существу, это была первая попытка сформулировать гипотезу о величине заряда ядра.

Van den Broek A. The number of possible elements and Mendeleeff's «cubic» periodic system.— «Nature», 1911, v. 87, p. 78.

В. Брэгг (в Англии) попытался связать α -, β -, γ - и X-лучи общим представлением об их корпускулярности. Он считал, что движение этих лучей подобно движению молекул газа; различие состоит лишь в скорости движения, ибо по сравнению с быстрыми потоками α -, β -, γ - и X-лучей газовые молекулы можно считать неподвижными. Таким образом, явление радиоактивности, по Брэггу, является четвертым состоянием материи, а теорию радиоактивности Брэгг рассматривал как кинетическую теорию этого состояния.

Bragg W. Radio-activity as a kinetic theory of a fourth state of matter.— «Chem. News», 1911, v. 104, p. 110—113.

Г. Гейгер (в Англии) доказал существование очень короткоживущего продукта между AcEm и AcA . Период

полураспада нового продукта, оцененный по длине пробега его α -частиц, равнялся примерно 1/500 сек.

Geiger H. The transformation of the actinium emanation.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 201—204.

Г. Н. Антонов (в Англии) изучал аномальный ход кривой спада активности у UХ. Ученый доказал наличие в исследуемом растворе нового радиоэлемента — UУ, период полураспада которого 1,5 дня. Химическая природа нового продукта была «очень подобна» химической природе UХ, и «не найдена возможность химического отделения их друг от друга». Количество UУ в урановых минералах значительно меньше, чем UХ, поэтому Антонов сделал вывод, что UУ является побочным продуктом урановой серии.

Antonoff G. N. The disintegration products of uranium.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 419—432.

Э. Резерфорд и Б. Болтвуд (в Англии) определили, что 1 г радия испускает в год 158 мм^3 эманации радия (если радий находится в равновесии со своими продуктами распада). Этот результат был проверен в разных опытах, и всюду были получены близкие значения.

Boltwood B., Rutherford E. Production of helium by radium.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 586—604.

Г. Гейгер и А. Ф. Коварик (в Англии) на основании измерения числа β -частиц, испускаемых радиоэлементами с достигнутым радиоактивным равновесием, пришли к выводу, что AcС, ThС, RaВ и, возможно, RaС испускают по две β -частицы, следовательно, они состоят из двух последовательных β -излучателей, один из которых может являться побочным продуктом (предсказание радиоактивных вилок).

Geiger H., Kovarik A. F. The relative number of ions produced by the β -particles from the various radioactive substances.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 604—613.

Г. Гейгер и Дж. Нэттол (в Англии), повторяя эксперименты В. Брэгга (см. с. 77) по определению длины про-

бега α -частиц в воздухе, подтвердили предположение Э. Резерфорда, высказанное им еще в 1907 г., о связи между длиной пробега α -частиц и периодом полураспада α -излучателя. Ученые установили графическую зависимость между этими величинами. Первоначально опыты были выполнены только с продуктами уранового и актиниевого семейств.

Geiger H., Nuttall J. M. The ranges of the α -particles from various radioactive substances and a relation between range and period of transformation.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 613—621.

Э. Резерфорд и Г. Гейгер (в Англии) предложили новую номенклатуру радиоактивных веществ. Поскольку в ториевом и актиниевом семействах были обнаружены очень короткоживущие продукты между эманацией и соответствующим А-продуктом, то ученые предложили называть их А-продуктами, прежние А-продукты именовать В-продуктами и т. д. Эту номенклатуру важно иметь в виду, сравнивая данные, полученные для радиоэлемента любого активного осадка до и после 1911 г.

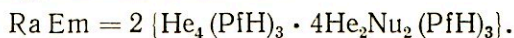
Rutherford E., Geiger H. Transformation and nomenclature of the radioactive emanations.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 621—629.

Г. Мозли и К. Фаянс (в Англии) тщательно измерили периоды полураспада новых короткоживущих А-продуктов в ториевом и актиниевом семействах: они оказались равными 0,14 и 0,002 сек соответственно. Авторы попытались методом отдачи выделить из АсС побочный продукт (по аналогии с ториевым и радиевым семействами здесь ожидалась радиоактивная вилка), но получили только чистый АсD.

Moseley H. G. J., Fajans K. Radio-active products of short life.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 629—638.

Дж. Никольсон (в Англии) предложил свою теорию атомного строения элементов. В основе всех атомов, считал Никольсон, лежат комбинации простейших элементов — «протилов»: корония (атомный вес 0,51282), водорода (1,008), небулия (1,6281), протофтора (2,3615). На-

пример, гелий построен из небулия и протофтора: $\text{He} = \text{Nu} + \text{Pf}$. Международная комиссия установила атомный вес гелия равным 3,99; атомный вес, подсчитанный Никольсоном, равен 3,9896. Эманация радия, по Никольсону, записывалась так:



Атомный вес актиния, по Никольсону, равен 159, причем актиний, возможно, образуется в результате распада UY. Таким образом, Никольсон первый увидел связь между ураном UY и актинием.

Nicholson J. W. A structural theory of the chemical elements.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 864—889.

Ф. Содди (в Англии) издал обобщающую монографию «Химия радиоэлементов», которая привлекла внимание многих исследователей к проблеме размещения радиоэлементов в периодической системе. В этой работе Содди обсудил аналогии между радиоактивными рядами, а также факт химической неотделимости некоторых радиоэлементов. Рассматривая на фоне периодической системы изменение химических свойств радиоэлементов в процессе распада, Содди показал, что при испускании α -частицы валентность результирующего продукта всегда изменяется на две единицы (так называемое «альфа-правило Содди»). Однако в отношении радиоэлементов активных осадков Содди сделал ошибочное заключение, считая, что они не могут быть представлены в периодической системе.

Soddy F. The chemistry of the radioelements. London, Longmans, Green and Co., 1911.

Р. Росси (в Англии) занимался изучением связи между атомными объемами и спектрами элементов. Он установил, что для каждой группы элементов между основной частотой спектральной серии и атомным объемом существует прямая связь:

$$\nu_0 = A\nu^{-B}$$

(здесь ν_0 — основная частота; ν — атомный объем; A и B константы).

Rossi R. On a relation between the atomic volumes and the spectra of elements.— «Phil. Mag.», 1911, ser. 6, v. 22, p. 922—925.

1912

Э. Резерфорд (в Англии), редактируя рукопись своей книги «Радиоактивные вещества и их излучения», впервые ввел термин «ядро» вместо громоздкого прежнего термина «центральное заряженное тело в атоме».

Rutherford E. Radioactive substances and their radiation. London—Edinburgh, 1913, p. 699.

Г. Хевеши (в Англии) показал, что известные радиоактивные элементы и обычные металлы имеют сходные электрохимические свойства.

Hevesy G. The electrochemistry of radio-active bodies.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 23, p. 628—646.

Ч. Дарвин (в Англии) для описания явления поглощения и рассеяния α -частиц в среде предложил формулу, выведенную на основании атомной модели Э.Резерфорда. Дарвин отметил невозможность точного решения уравнения из-за незнания двух констант — радиуса атома σ и числа электронов в атоме n .

Darwin Ch. A theory of the absorption and scattering of the α -rays.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 23, p. 901—920.

Г. Шредер (в Англии) показал, что короткоживущие радиоэлементы, ранее считавшиеся особыми переходными формами между обычными химическими элементами, имеют специфические химические свойства и способны образовывать характерные химические соединения.

Schrader H. On the existence of chemical compounds of short-lived radio-active elements.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 24, p. 125—134.

А. Ив (в Канаде) на основании измерения ионизации в закрытых сосудах отметил большое сходство рентгеновских и γ -лучей.

Ive A. S. A comparison of the ionisation within closed vessels due to Röntgen and gamma-rays.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 24, p. 432—436.

И. Штарк (в Германии) высказал предположение о сходной природе γ - и рентгеновских лучей.

Stark I. Zur Diskussion über die Struktur der γ -Strahlen.— «Phys. Z.», 1912, Bd 13, S. 161—162.

Э. Мейер (в Германии) экспериментально показал, что γ -лучи имеют тождественную природу с рентгеновскими лучами, но являются более жесткими.

Meyer E. Zur Diskussion über die Struktur der γ -Strahlen.— «Phys. Z.», 1912, Bd 13, S. 253—254.

А. Флек (в Англии) показал, что существуют три группы химически неотделимых радиоэлементов: 1) UX не отделим от тория; 2) радиоактивный не отделим от тория; 3) ThV не отделим от свинца.

Fleck A. The chemical nature of uranium X, radioactinium and thorium B.— «Chem. News», 1912, v. 106, p. 128.

Э. Резерфорд (в Англии), опираясь на свою атомную модель, попытался объяснить природу α - и β -излучений, а также сплошной спектр β -излучения. Ученый считал, что в атомах радиоактивных элементов неустойчивостью могут обладать в равной степени и ядро, и кольца электронов. В зависимости от того, что неустойчиво (ядро или электронное кольцо), распад сопровождается соответственно α - или β -излучением. При прохождении через несколько электронных колец β -частица способна потерять значительную часть своей энергии, что и объясняет сплошной спектр β -излучения.

Rutherford E. The origin of β - and γ -rays from radioactive substances.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 24, p. 454—462.

Г. Гейгер и Дж. Нэттол (в Англии) показали, что α -излучатели уранового, ториевого и актиниевого семейств подчиняются определенной закономерности: их постоянные распада λ связаны с длиной пробега α -частиц (R_α) следующим образом: $\lg \lambda = A \lg R_\alpha + B$, причем константа A у всех трех радиоактивных рядов одинакова,

а константы B отличаются незначительно (закон Гейгера—Нэттола). В работе были также оценены периоды полураспада U^{III} ($T_{1/2} = 2 \cdot 10^6$ лет) и иония ($T_{1/2} = 2 \cdot 10^5$ лет).

Geiger H., Nuttall J. The ranges of the particles from the thorium and actinium products.— «Phil. Mag.», 1912, ser. 6, v. 24, p. 647—654.

К. Фаянс (в Германии) показал, что между RaC и RaD существует короткоживущий продукт — α -излучатель RaC' . Его $T_{1/2}$ примерно равен 10^{-6} сек (вычислено с помощью соотношения Гейгера—Нэттола).

Fajans K. Über die Verzweigung der Radium—Zerfallsreihe.— «Phys. Z.», 1912, Bd 13, S. 699—705.

А. Рассел и Р. Росси (в Англии) изучали спектр смеси иония и тория (содержание $\text{Io} > 10\%$.) Несмотря на высокое разрешение спектрометра, в полном спектре смеси не была найдена ни одна линия, которую можно было бы приписать ионию. Авторы показали, что период полураспада иония, ранее считавшийся равным 100 000 лет, не может превышать 12 000 лет. Следовательно, между ураном и ионием должен находиться долгоживущий радиоэлемент. (Этот элемент — U^{III} — был открыт в этом же году Г. Гейгером и Дж. Нэттолом.) Комментируя доказанное тождество спектров иония и тория, Рассел и Росси писали: «Объяснение ..., возможно, заключается в том, что два очень похожих вещества в действительности являются различными членами одной и той же группы элементов, но различие в их химических свойствах менее выражено, чем различие между другими членами той же группы, по причине малого различия в атомном весе».

Russell A., Rossi R. An investigation of the spectrum of ionium.— «Proc. Roy. Soc.», 1912, ser. A, v. 87, p. 478—484.

М. Лауэ со своими сотрудниками В. Фридрихом и П. Книппингом (в Германии) обнаружили явление дифракции рентгеновских лучей на кристалле сульфида цинка. Теоретические вычисления Лауэ, основанные на волновой теории света, показали, что при прохождении света через дифракционную решетку (расстояние между ее щелями было одного порядка с длиной световой волны)

лучи, идущие в определенных направлениях, усиливают или гасят друг друга. Поскольку в кристаллах атомы и молекулы расположены на расстоянии примерно 10^{-8} см друг от друга, то, согласно Лауэ, кристалл должен был играть роль дифракционной решетки. Дифракционные картины на фотопластинках впоследствии получили название лауэграмм.

Таким образом, было доказано, что природа рентгеновских и световых лучей одинакова, но первые имеют гораздо меньшую длину волны. Открытие Лауэ и его сотрудников легло в основу метода определения длин волн рентгеновских лучей и определения межатомных расстояний в кристаллах; кроме того, это открытие подготовило почву для исследований Г. Мозли.

Friedrich W., Knipping P., von Laue M. Interferenz. — Erscheinungen bei Röntgenstrahlen (beim Durchgang durch Kristalle). — «Sitzungsber. Berl. Akad. Wiss.», 1912, S. 303—322.

Р. Мейер и О. Хаузер (в Германии) опубликовали монографию «Анализ редких земель», в которой высказаны важные идеи о свойствах редкоземельных элементов. Авторы отмечали, что «все химические и физические свойства редкоземельных элементов указывают на то, что здесь мы имеем дело с весьма уплотненной группой веществ, различия свойств которых очень малы», и разделяли идею Браунера об интерпериодической группе, размещая редкоземельные элементы в IV группе.

Meyer R., Hauser O. Die Analyse der seltenen Erden und der Erdsäuren. Ceriterden, Yttererden, Zirkonerde und Thorererde, Titansäure, Niobsäure und Tantalssäure. (Die chemische Analyse). Stuttgart, F. Enke, 1912.

1913

А. Ван-ден-Брук (в Голландии) опубликовал 1 января 1913 г. статью «Радиоэлементы, периодическая система и строение атома» (статья поступила в редакцию 15 ноября 1912 г.), в которой на основе анализа всех тогда известных в науке фактов о внутриатомных зарядах и в развитие своих предыдущих работ выдвинул гипотезу: «Порядковый номер (Folgenummer) каждого

элемента в выстроенном по возрастающим атомным весам ряду... равен половине атомного веса и также равен внутриатомному заряду». Эта гипотеза была использована Н. Бором в его теории строения атома (сентябрь 1913 г. — см. с. 91). Позднее, в письме в «Nature» от 27 ноября 1913 г., Ван-ден-Брук, основываясь на экспериментах Гейгера и Марседена (см. с. 89), самостоятельно уточнил ее формулировку: «Предложенная гипотеза хорошо соответствует ряду Менделеева, но ядерный заряд не равен половине атомного веса».

Он оценил порядковые номера Pt и Au и выдвинул гипотезу об ядерных электронах, просуществовавшую в науке до открытия нейтрона.

Таким образом, Ван-ден-Бруку принадлежит важное теоретическое открытие — порядковый номер элемента в периодической системе элементов Менделеева равен заряду ядра его атомов.

Van den Broek A. Die Radioelemente, das periodische System und die Konstitution der Atome. — «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 32—41; Intra-atomic charge. — «Nature», 1913, v. 92, p. 372—373; Intra-atomic charge and the structure of the atom. — «Nature», 1913, v. 92, p. 476—478.

10 января К. Фаянс (в Германии) на заседании Химического общества в Карлсруэ доложил о сформулированных им правилах радиоактивных смещений на основании которых он разместил радиоэлементы в периодической системе.

Fajans K. Die Stellung der Radioelemente im periodischen System. — «Chemiker-Ztg», 1913, Bd 37, S. 151, 242.

Г. Хевеши (в Англии) 15 февраля опубликовал результаты своего исследования химических свойств радиоэлементов. Обсуждая влияние типа распада на изменение химических свойств результирующего продукта, Хевеши сделал вывод, что β -излучение вызывает прямо противоположное («полярное») изменение химических свойств (по сравнению с действием α -излучения).

Hewesey G. Die Valenz der Radioelemente. — «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 49—62.

А. Рассел (в Англии) 30 января систематизировал химические свойства и виды излучения большинства радиоэлементов и предложил схему размещения радиоэлементов в периодической системе, опирающуюся на сформулированные им же правила сдвига: при испускании α -частицы радиоэлемент переходит в периодической системе на две клетки вправо или влево; при испускании β -частицы — на одну клетку вправо или влево. При размещении радиоэлементов Расселом был допущен ряд серьезных ошибок (неправильно помещены радиоэлементы активных осадков, введен элемент радиоактиний II и т. д.). Вместе с тем схема Рассела предсказывала существование неоткрытого еще β -излучателя UX_2 .

Russell A. S. The periodic system and the radioelements.— «Chem. News», 1913, v. 107, p. 49—52.

А. Флек (в Англии) показал неправильность размещения А. Расселом ThD в периодической системе. Вопреки точке зрения Рассела (ThD должен быть аналогом либо свинца, либо ртути), А. Флек доказал, что ThD должен быть аналогом висмута или теллура.

Fleck A. The periodic system and the radioelements.— «Chem. News», 1913, v. 107, p. 95.

А. Флек (в Англии) провел систематическое изучение химических свойств большого числа известных радиоэлементов. Ученый использовал химическую неотделимость некоторых из них, чтобы точно установить, с какими элементами образуют неразделимые смеси известные радиоэлементы. Так, UX оказался неотделимым от тория; $RdAc$ тоже неотделим от тория, $MsTh_2$ химически тождествен актинию; ThB , RaB и AcB оказались тождественными обыкновенному свинцу, а ThC , RaC и AcC — висмуту, RaE — аналогичен висмуту, RaD — свинцу и RaF — полонию.

Fleck A. The chemical nature of some radioactive disintegration products.— «J. Chem. Soc.», 1913, v. 103, p. 381—399.

К. Фаянс (в Германии) 15 февраля опубликовал обобщения, касающиеся размещения радиоэлементов в периоди-

ческой системе. Фаянс впервые четко сформулировал правила радиоактивного смещения: при β -распаде радиоэлемент переходит в соседнюю клетку вправо, при α -распаде — на две клетки влево в периодической системе. На основании этих правил сдвига Фаянс правильно разместил все радиоэлементы в периодической системе. Он предсказал также существование нового радиоэлемента — UX_2 ; совокупность радиоэлементов, размещенных в одной клетке периодической системы, назвал плеядой, а также обсудил возможность экспериментального доказательства различия атомных весов конечных продуктов ториевого и уранового радиоактивных рядов — ^{208}Pb и ^{206}Pb .

Fajans K. Über eine Beziehung zwischen der Art einer radioaktiven Umwandlung und dem elektrochemischen Verhalten der betreffenden Radioelemente.— «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 131—136; Die Stellung der Radioelemente im periodischen System.— Ibid., S. 136—142.

Ф. Содди в (Англии) 28 февраля опубликовал статью (будучи знаком с работами Рассела и Фаянса), в которой обобщил факты химической неотделимости и расположил радиоэлементы в порядке изменения их химических свойств, причем для химической характеристики короткоживущих радиоэлементов, химия которых не была изучена, им были использованы правила сдвига, ранее предложенные Расселом и Фаянсом. Содди предсказал, что спектры химически неотделимых элементов также должны быть тождественны.

Soddy F. The radio-elements and the periodic law.— «Chem. News», 1913, v. 107, p. 97—99.

А. Флек (в Англии) продолжил изучение химических свойств радиоэлементов. По мнению А. Флека, RaA и полоний имеют одинаковые химические свойства, ThD ведет себя как аналог таллия, AcB тождествен свинцу, AcD аналогичен таллию.

Fleck A. The chemical nature of some radioactive disintegration products. Part II.— «J. Chem. Soc.», 1913, v. 103, p. 1052—1061.

Ф. Содди (в Англии) опубликовал схему превращений всех радиоэлементов, связав ее со структурой периодической системы. Он предположил, что актиний образуется в результате α -распада Ux_2 .

S o d d y F. Die Radioelemente und das periodische Gesetz.—«Jahrb. Radioakt. Elektr.», 1913, Bd 10, S. 188—197.

В. Брэгг (в Англии) теоретически установил зависимость между длиной волны рентгеновских лучей, характером расположения пятен на лауэграмме и структурой кристалла. Рассматривая отражения волн различных длин от каждой из плоскостей кристалла, Брэгг по расположению и интенсивности пятен сумел определить структуру ряда кристаллов. Ученым было найдено условие получения максимумов отражения рентгеновских лучей: $n\lambda = 2d \sin\theta$, где λ — длина волны; d — расстояние между соседними отражающими плоскостями атомов, ионов или молекул; θ — угол скольжения; n — целое число (1, 2, 3,...). Если $\sin\theta = \frac{n\lambda}{2d}$, то при этом значении угла скольжения будет наблюдаться максимум отражения. Из уравнения Брэгга также вытекало, что если известна величина d , то, измерив угол отражения θ , можно определить длину волны λ . Таким образом, уравнение Брэгга легло в основу рентгеноспектрометрии. Работы Г. Мозли явились одним из первых важнейших следствий ее применения.

B r a g g W. L. The diffraction of short electromagnetic waves by a crystal.—«Proc. Camb. Phil. Soc.», 1913, v. 17, p. 43—57.

Г. Мак-Кой и Ш. Виоль (в США) провели фундаментальное исследование химических свойств всех радиоэлементов ториевого семейства. Они предложили новые методы для выделения чистых радиоэлементов, провели точные измерения относительной активности чистых продуктов ториевого семейства. Были исправлены значения периодов полураспада некоторых радиоэлементов.

M c C o y G., V i o l C h. H. The chemical properties and relative activities of the radioproducts of thorium.—«Phil. Mag.», 1913, ser. 6, v. 25, p. 333—359.

Г. Гейгер и Э. Марсден (в Англии) провели экспериментальную проверку формулы рассеяния α -частиц, введенной Резерфордом (см. с. 75). Они работали с семью различными рассеивающими веществами и с α -частицами различных скоростей. Ученые пришли к следующему заключению: «Результаты наших исследований находятся в хорошем согласии с теоретическими выводами профессора Резерфорда и доказывают правильность лежащего в их основе допущения, что атом содержит в центре сильный электрический заряд, размеры которого малы по сравнению с диаметром атома». Однако точность экспериментальных результатов Гейгера и Марсдена была недостаточно высока, и полученные ими значения зарядов ядра могли отличаться от истинных более чем на 20%. Можно было лишь утверждать, что положительный заряд ядра примерно равен половине атомного веса соответствующего элемента.

Geiger H., Marsden E. The laws of deflexion of α -particles through large angles.— «Phil. Mag.», 1913, ser. 6, v. 25, p. 604—623.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии) предположили существование радиоактивной вилки у III. В этом случае побочной ветвью явилось бы актиниевое семейство.

Hahn O., Meitner L. Zur Frage nach der komplexen Natur des Radioaktiniums und der Stellung des Aktiniums im periodischen System.— «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 752—758.

К. Фаянс и О. Гёринг (в Германии) предприняли поиск предсказанного А. Расселом (см. с. 86), К. Фаянсом (см. с. 86) и Ф. Содди (см. с. 87) UX_2 . Этот элемент должен был испускать β -частицы и по химическим свойствам быть высшим аналогом тантала. Такой радиоэлемент с периодом полураспада $T_{1/2} = 1,15$ мин был открыт и назван бревием.

Fajans K., Gehrting O. Über das Uran X_2 — das neue Element der Uranreihe.— «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 877—884.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии) подтвердили открытие К. Фаянсом и О. Гёрингом нового радиоэлемента в урановом ряду — UX_2 .

Hahn O., Meitner L. Über das Uran X_2 — «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 758, 759.

Дж. Томсон (в Англии) разработал метод анализа положительных (каналовых) лучей и способ измерения величины e/m в том случае, когда в пучке имеются ионы нескольких видов. Каналовые лучи подвергались взаимному действию сильных полей — магнитного и электрического, параллельных друг другу и перпендикулярных к направлению пучка. Отклонение, вызываемое магнитным полем, было прямо пропорционально величине e/m ионов и обратно пропорционально их скорости. Электрическое поле отклоняло ионы в направлении, перпендикулярном к их отклонению в магнитном поле, причем величина отклонения оказывалась прямо пропорциональной e/m и обратно пропорциональной квадрату скорости. Таким образом, осуществлялась сепарация ионов с разными скоростями (следовательно, с разными массами). Когда пучок ионов с разными скоростями попадал на фотопластинку, возникала темная линия, являвшаяся отрезком параболы; параметры параболы зависели от величины отношения e/m .

Анализируя неон, Томсон обнаружил для элемента две параболы: слабую (она соответствовала ионам Ne с массой 22) и сильную (с массой 20). Как оказалось впоследствии, это было первым наблюдением изотопии у легких нерadioактивных элементов.

Thomson J. Rays of positive electricity.— «Proc. Roy. Soc.», 1913, ser. A, v. 89, p. 1—20.

К. Фаянс (в Германии) впервые проанализировал связь между типом распада, $T_{1/2}$ и массовым числом у радиоэлементов одной плеяды (изотопов). Он показал, что $T_{1/2}$ β -излучателей одного элемента всегда уменьшается с ростом их массового числа, а $T_{1/2}$ α -излучателей преимущественно увеличивается с ростом их массового числа.

Fajans K. Remarques sur le travail «Position des éléments radioactifs dans le système périodique». — «Le Radium», 1913, v. 10, p. 171—174.

О. Ган и Л. Мейтнер (в Германии) подтвердили открытие К. Фаянсом и О. Гёрингом нового радиоэлемента в урановом ряду — UX_2 .

Hahn O., Meitner L. Über das Uran X_2 — «Phys. Z.», 1913, Bd 14, S. 758, 759.

Дж. Томсон (в Англии) разработал метод анализа положительных (каналовых) лучей и способ измерения величины e/m в том случае, когда в пучке имеются ионы нескольких видов. Каналовые лучи подвергались взаимному действию сильных полей — магнитного и электрического, параллельных друг другу и перпендикулярных к направлению пучка. Отклонение, вызываемое магнитным полем, было прямо пропорционально величине e/m ионов и обратно пропорционально их скорости. Электрическое поле отклоняло ионы в направлении, перпендикулярном к их отклонению в магнитном поле, причем величина отклонения оказывалась прямо пропорциональной e/m и обратно пропорциональной квадрату скорости. Таким образом, осуществлялась сепарация ионов с разными скоростями (следовательно, с разными массами). Когда пучок ионов с разными скоростями попадал на фотопластинку, возникала темная линия, являвшаяся отрезком параболы; параметры параболы зависели от величины отношения e/m .

Анализируя неон, Томсон обнаружил для элемента две параболы: слабую (она соответствовала ионам Ne с массой 22) и сильную (с массой 20). Как оказалось впоследствии, это было первым наблюдением изотопии у легких нерadioактивных элементов.

Thomson J. Rays of positive electricity.— «Proc. Roy. Soc.», 1913, ser. A, v. 89, p. 1—20.

К. Фаянс (в Германии) впервые проанализировал связь между типом распада, $T_{1/2}$ и массовым числом у радиоэлементов одной плеяды (изотопов). Он показал, что $T_{1/2}$ β -излучателей одного элемента всегда уменьшается с ростом их массового числа, а $T_{1/2}$ α -излучателей преимущественно увеличивается с ростом их массового числа.

Fajans K. Remarques sur le travail «Position des éléments radioactifs dans le système périodique». — «Le Radium», 1913, v. 10, p. 171—174.

Н. Бор (в Дании) написал свою знаменитую работу «О строении атомов и молекул».

Он принял за основу модель атома Резерфорда и предположил, что процесс излучения есть квантовое явление. Согласно Бору, «классическая электродинамика недостаточна для описания систем атомного размера», поскольку модель атома Резерфорда неустойчива с точки зрения классической электродинамики. Поэтому «каким бы ни оказалось изменение в законах движения электронов, кажется необходимым ввести в эти законы величины, чуждые классической электродинамике, т. е. постоянную Планка».

Основываясь на этом положении, Бор сформулировал два основных постулата теории атома: 1) условие существования стационарных состояний атома и 2) условие частот излучения. В соответствии с первым атом может существовать, не излучая, в определенных стационарных состояниях, каждое из которых характеризуется значением энергии E , в соответствии со вторым переход атома из одного стационарного состояния в другое осуществляется посредством поглощения или испускания определенных порций энергии — квантов. В согласии с законом сохранения энергии, частоты спектра поглощения или испускания определяются совокупностью уравнений $E_n - E_k = h\nu_{nk}$ (здесь E_n и E_k — энергии стационарных состояний); переход от одного к другому сопровождается поглощением или испусканием кванта $h\nu_{nk}$.

Далее Бор сформулировал условие отбора стационарных состояний (условие устойчивости орбиты электрона в атоме): $m_0 v_0^2 r = nh$, где m_0 — масса электрона; v_0 — скорость его движения; r — радиус орбиты, а n — так называемое квантовое число, принимающее положительные целочисленные значения (1, 2, 3, ...). Используя это условие для водородоподобного атома с зарядом ядра Ze и применяя законы классической механики, Бор определил скорость движения электрона по орбите $v_n = (e^2 Z / nh)$, радиус n -ой орбиты $r_n = (n^2 h^2 / m_0 c^2 Z)$ и полную энергию электрона на n -й орбите $E_n = (m_0 e^4 Z^2 / 2h^2 n^2)$. Следовательно, по Бору, основное стационарное состояние водородоподобного атома есть состояние с минимальным значением энергии E_n , соответствующим $n = 1$. Отсюда радиус первой электронной орбиты $r_1 = 0,529 \cdot 10^{-8}$ см (его называют боровским радиусом).

Наконец, Бор теоретически вычислил значение константы Ридберга $R = (2\pi^2e^4m)/h^3$, см^{-1} ; R оказалась равной $107\,300\ \text{см}^{-1}$, тогда как экспериментальное значение — $109\,700\ \text{см}^{-1}$. Столь блестящее совпадение способствовало всеобщему признанию теории Бора.

B o h r N. On the constitution of atoms and molecules.— «Phil. Mag.», 1913, v. 26, p. 1—25, 476—502, 857—875.

В декабре Н. Бор (в Дании) выступил с докладом «О спектре водорода» на заседании Физического общества в Копенгагене. Ученый уточнил некоторые из выдвинутых им идей, в частности вопрос о спектрах элементов, атомы которых содержат несколько электронов. Согласно Бору, «постоянная Ридберга не может быть одной и той же для всех элементов. В выражение этой постоянной войдет фактор $\frac{M}{M+m}$, где M — масса ядра».

B o h r N. Om brintspektret.— «Fys. Tidsskr.», 1914, Bd 12, S. 97—114.

И. Ридберг (в Швеции) опубликовал итоговую работу по изучению атомных весов элементов в связи с периодической системой. Ученый сформулировал утверждение, что система элементов представляет собой периодическую систему, в которой свойства элементов являются функцией их номера (порядкового числа), хотя физическая сущность такой зависимости ему не была ясна. Таким образом, Ридберг независимо от А. Ван-ден-Брука развивал идею о порядковом номере элемента.

R y d b e r g I. Untersuchungen über das System der Grundstoffe.— «Lunds Univ. Årsskrift», 1913, Afd. 2, Bd 9, Nr. 18.

Э. Марсден и Р. Вильсон (в Англии) тщательно изучили радиоактивную вилку в ториевом семействе у ThC . Они показали, что ThC распадается с $T_{1/2} = 60,5$ мин, причем доля α -распада с образованием ThD составляет 35%, а 65% — доля β -распада с образованием ThC'' , период полураспада которого, вычисленный по длине пробега его α -частиц (8,6 см), равен 10^{-11} сек.

M a r s d e n E., W i l s o n R. H. Some experiment with the active deposit of thorium.— «Phil. Mag.», 1913 ser. 6, v. 26, p. 354—361.

И. Франк и Г. Герц (в Германии) для изучения условий возникновения спектральных серий разработали так называемый метод электронных ударов. Суть метода состояла в том, что электроны, испускаемые раскаленной нитью, ускорялись точно регулируемым напряжением, а затем попадали в пары ртути при низком давлении. При напряжении 4,9 в появлялась спектральная линия с $\lambda = 2537 \text{ \AA}$. Франк и Герц сделали вывод, что соответствующему кванту $h\nu$ отвечает энергия 4,9 в.

Опыты Франка и Герца явились подтверждением боровской теории.

Frank I., Hertz H. Über Zusammenstöße zwischen Gasmolekullen und langsamen Elektronen. — «Verh. Deutsch. Phys. Ges.», 1913, Bd 15, S. 373—390, 613—620.

И. Штарк (в Германии) обнаружил влияние электрического поля на спектральные линии (так называемый эффект Штарка).

Stark I. Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. — «Sitzungsber. Berl. Akad. Wiss.», 1913, S. 932—946.

Ф. Содди (в Англии) предложил называть изотопами химически неотделимые радиоэлементы, которые, отличаясь атомными весами, занимают одну и ту же клетку в периодической системе. Для объяснения изотопии Содди использовал модель атома Резерфорда и гипотезу А. Ван-ден-Брука о численном равенстве порядкового номера элемента и положительного заряда ядра его атома. По Содди, изотопами называются такие разновидности атомов, которые, обладая равным положительным зарядом ядра, отличаются своим атомным весом.

Soddy F. Intra-atomic Charge. — «Nature», 1913, v. 92, p. 399—400.

В декабре Э. Резерфорд (в Англии) согласился с гипотезой Ван-ден-Брука: «Представляется очевидным, что заряд ядра является фундаментальной константой, которая определяет физические и химические свойства атома, тогда как атомный вес, хотя приблизительно и следует по-

рядку ядерного заряда, является, по-видимому, сложной функцией заряда и зависит от детальной структуры ядра».

Rutherford E. The structure of the atom.— «Nature», 1913, v. 92, p. 423.

А. Флек (в Англии) подтвердил работу Фаянса и Гёринга о существовании UX_2 . Измеренный А. Флеком период полураспада для UX_2 , оказался равным 1,1 мин. Флек четко установил, что UX_2 не может быть родительским элементом для актиния.

Fleck A. The disintegration of uranium X.— «Phil. Mag.», 1913, ser. 6, v. 26, p. 528—535.

Г. Мозли (в Англии) опубликовал первую часть работы «Высокочастотные спектры элементов». Используя в качестве материала антикатада в рентгеновской трубке химические элементы от кальция до никеля, Мозли изучал испускаемое ими характеристическое рентгеновское излучение. Ученый измерил длины волн K_α -линий для перечисленных выше элементов. Он вывел также соотношение

$$Q = \sqrt{\frac{\nu}{3/4\nu_0}} = N - \sigma_n,$$

где ν — частота; $\sigma_n = 1$ для линий K_α ; N — целое число; ν_0 — фундаментальная частота Ридберга.

В результате исследований Мозли установил: «Очевидно, что Q возрастает на постоянную величину по мере того, как мы переходим от одного элемента к следующему, имея в виду химическую последовательность элементов в периодической системе... Мы имеем здесь доказательство, что для атома существует фундаментальная величина, которая увеличивается регулярным образом при переходе от одного элемента к следующему. Эта величина может быть только зарядом центрального положительного ядра, о существовании которого мы уже имели окончательное доказательство. Резерфорд на основании изучения рассеяния α -частиц веществом показал, что ядра несут положительный заряд, приблизительно равный заряду $A/2$ электронов, где A — атомный вес. Баркла из опытов по рассеянию X-лучей нашел, что число электронов в атоме приблизительно равно $A/2$. В то же время атомный вес увеличивается в среднем на 2 единицы каждый раз, и

это сильно подкрепляет точку зрения, что при переходе от атома к атому N всегда возрастает на одну электронную единицу. Мы, таким образом, экспериментально подтвердили точку зрения, что N есть не что иное, как номер места, занимаемого элементом в периодической системе. Этот атомный номер равен для H — 1, для He — 2, для Li — 3, ..., для Ca — 20, ..., для Zn — 30 и т. д. Эта теория берет начало от Ван-ден-Брука и затем использована Бором. Мы можем с уверенностью предсказать, что в немногих случаях, когда последовательность атомных весов расходитя с химической последовательностью в периодической системе, химические свойства управляются значением N , в то время как A сам по себе является сложной функцией N . Очень большое подобие между спектрами X-лучей различных элементов показывает, что это излучение возникает внутри атома и не имеет прямой связи с запутанными световыми спектрами и химическими свойствами, которые управляются структурой внешней области атома».

Moseley H. G. J. The high-frequency spectra of the elements. — «Phil. Mag.», 1913, ser. 6, v. 26, p. 1024—1034.

1914

Н. Бор (в Дании) предположил, что между электроном и ядром имеет место кулоновское взаимодействие, и получил следующую формулу для расчета уровней энергии электрона в стационарных состояниях атома:

$$E = - \frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{h^2 n^2 (m + M)},$$

где m — масса электрона; M — масса ядра; $n = 1, 2, 3, \dots$

Bohr N. On the effect of electric and magnetic fields on spectral lines. — «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 27, p. 506—524.

Г. Хевеши (в Англии) обсудил возможность разделения химически неотделимых радиоэлементов с помощью метода диффузии (используя незначительные различия в их массах).

Hewes G. The diffusion and valency of the radioelements. — «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 27, p. 586—601.

Р. Мейер (в Германии) предложил вариант размещения редкоземельных элементов в периодической системе. Он доказывал, основываясь на экспериментах, что в области редкоземельных элементов имеется своя периодизация, причем эти элементы образуют три ряда (La—Eu, Gd—Er, и Tu—Lu): «Группа редких земель образует малую периодическую систему, в которой повторяются все связи основной системы». Основываясь на своих выводах, он помещал «элементы редких земель как целое в третью группу системы».

Работа Р. Мейера явилась наиболее законченной попыткой решить вопрос о месте редкоземельных элементов в системе. Р. Мейер развил также идею о генетической связи редкоземельных элементов между собой, подобной той, которая имеет место у радиоактивных элементов.

Meyer R. Die Stellung der Elemente der seltenen Erden im periodischen System.— «Naturwiss.», 1914, Bd 2, S. 781—787.

И. Ридберг (в Швеции) предложил вариант графического изображения периодической системы элементов, поставив в ее начале электрон и допустив существование двух неизвестных элементов между H и He — корония с порядковым номером и атомным весом, равными 2, и небулия с порядковым номером и атомным весом, равными 3. Далее, Ридберг объединил парные периоды в одну группу и пришел к следующему представлению о структуре периодической системы:

Группа	G_1	G_2	G_3	G_4	...	G_p
Число элементов в группе	4×1^2	4×2^2	4×3^2	4×4^2	...	$4 \times p^2$
	4	16	36	64	...	$4p^2$
Число элементов в половине группы (в каждом из парных периодов)	2×1^2	2×2^2	2×3^2	2×4^2	...	$2 \times p^2$
	2	8	18	32	...	$2p^2$

Таким образом, в половине группы (периода) содержалось $2p^2$ элементов, где p — номер группы. В варианте системы Ридберга порядковые номера элементов были на 2 единицы больше, чем в менделеевской периодической системе. По Ридбергу, порядковые номера инертных газов

могли быть выражены простым математическим рядом чисел:

$$2(1^2 + 1^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 3^2 + 4^2 + 4^2 + \dots).$$

Отсюда, по Ридбергу, порядковый номер He составлял $2(1^2 + 1^2) = 4$, неона — $2(1^2 + 1^2 + 2^2) = 12$, аргона — $2(1^2 + 1^2 + 2^2 + 2^2) = 20$ и т. д. Для менделеевской системы этот ряд несколько видоизменялся, и атомный вес He можно было представить как $2 \cdot 1^2 = 2$, неона — $2(1^2 + 2^2) = 10$, аргона — $2(1^2 + 2^2 + 2^2) = 18$, криптона — $2(1^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2) = 36$ и т. д. «Математическая модель» системы элементов, предложенная Ридбергом, сыграла важную роль в разработке теории периодической системы.

R y d b e r g I. The ordinals of the elements and the high-frequency spectra.— «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 28, p. 144—149.

Г. Мозли (в Англии) опубликовал вторую работу, посвященную изучению характеристического рентгеновского излучения (см. с. 94). На этот раз объектом исследования стал более широкий интервал элементов — от алюминия до золота, в связи с чем в спектрах тяжелых элементов изучалась *L*-серия. В работе был приведен график зависимости квадратного корня из частоты характеристического излучения от порядкового номера исследованных элементов. Результаты своих исследований Г. Мозли сформулировал следующим образом: «1. Каждый элемент от алюминия до золота характеризуется целым числом *N*, которое определяется спектром *X*-лучей. Любые детали в спектре элемента могут, таким образом, быть предсказаны из спектров его соседей. 2. Это целое число *N*, атомный номер элемента, тождественно числу положительных единиц электричества, содержащихся в атомном ядре. 3. Атомные номера для всех элементов от Al до Au распределены в таблице на основе предположения, что *N* равен 13 для Al. 4. Последовательность атомных номеров та же самая, что и последовательность атомных весов, за исключением тех случаев, когда последняя не согласуется с последовательностью химических свойств. 5. Известные элементы соответствуют всем номерам между 13 и 79, исключая три случая. Здесь располагаются три возможных элемента которые еще не открыты. 6. Частота любой линии в спектре

X-лучей приблизительно пропорциональна $A(N - b)^2$, где A и b — константы».

Таким образом, Г. Мозли установил порядковые номера для элементов в промежутке между Al и Au и выяснил число еще неизвестных элементов в этом промежутке, подтвердив тем самым гипотезу А. Ван-ден-Брука. Кроме того, исследование характеристического излучения стало с этого времени способом поиска и идентификации еще не открытых элементов.

Moseley H. G. J. The high-frequency spectra of the elements. Part II.— «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 27, p. 703—713.

Р. Свинне (в Германии) обсудил вопрос о существовании у элементов конца периодической системы радиоактивных изотопов, более долгоживущих, чем известные. Существование более устойчивых изотопов, по мнению Свинне, могло объяснить изменение скорости распада при α - и β -превращениях ядер, обладающих одинаковым зарядом, но различной массой. Свинне сформулировал следующее правило: у α -излучателей при данном заряде ядра скорость превращения с убыванием атомного веса сначала возрастает до некоторого максимального значения, а затем очень быстро падает (например, изотопы Po с $Z = 84$). Строя такие кривые для различных семейств радиоэлементов, ученый пришел к выводу, что огибающая этих кривых, проходящая через их максимумы, имеет такой же ход, как и кривая для одинаковых Z и разных атомных весов. Для β -излучателей кривые имеют противоположный ход. Это правило, по мнению Свинне, позволяло предсказать вероятность α - и β -распадов неизвестных изотопов с данным Z , притом не только для изотопов элементов, заключенных между ураном и таллием, но и для элементов с $Z < 83$ и $Z > 92$.

По относительному возрастанию атомного веса с увеличением порядкового номера на единицу Свинне пытался приближенно установить те области периодической системы, где α -активные элементы прерывают ряд β -активных элементов. Вследствие такого чередования в системе элементов должны появиться совокупности относительно стабильных элементов. Экстраполируя эту закономерность в область $Z > 92$, Свинне пришел к выводу, что элементы, следующие непосредственно за ураном, должны быть ко-

роткоживущими, тогда как элементы с $Z = 98 \div 102$ и $Z = 108 \div 110$ должны обладать сравнительно большой продолжительностью жизни.

S w i n n e R. Lebensdauer und Atomgewicht der Radioelemente. — «Z. angew. Chem.», 1914, Bd 27, S. 3—12, 596—599.

Ф. Содди и Г. Хаймен (в Англии) измерили атомный вес свинца, полученного из цейлонского торита. Анализ этого минерала показал наличие ThO_2 (61, 95%), U_3O_8 (0,85%) и PbO (0,39%). Поскольку свинца в образцах содержалось мало, исследователи решили, что весь он радиоактивного происхождения. Теоретический атомный вес этого свинца 208,2, так как 10 частей тория (атомный вес ториевого свинца 208,4) приходится на 1 часть урана (атомный вес уранового свинца 206,0).

S o d d y F., H y m a n H. The atomic weight of lead from ceylon thorite. — «J. Chem. Soc.», 1914, v. 105, p. 1402—1408.

Морис Кюри (во Франции) измерил атомный вес свинца из различных образцов урановой смолки: свинец из урановых минералов имел атомный вес от 206,36 до 206,65, тогда как свинец из монацита имел атомный вес 207,08.

C u r i e M. Sur les écart de poids atomiques obtenus avec le plomb provenant de divers minéraux. — «Compt. rend.», 1914, v. 158, p. 1676—1679.

О. Хёнигшмид и С. Горовиц (во Франции) измерили атомный вес свинца из урановой смолки, получив значение 206,736 как среднее из 9 определений.

H ö n i g s c h m i d O., M - l l e H o r o v i t z S t. Sur le poids atomique du plomb de la pechblende. — «Compt. rend.», 1914, v. 158, p. 1796—1798.

Т. Ричардс и М. Лемберт (в США) по предложению К. Фаянса измерили атомный вес свинца, имеющего радиоактивное происхождение. Ученые получили следующие значения для свинца различных минералов (атомный вес обычного свинца — 207,15): из уранинита (Новая

Каролина) — 206,4, урановой смолки (Иоахимсталь) — 206,57, карнотита (Колорадо) — 206,59, торинита (Цейлон) — 206,28, урановой смолки (Англия) — 206,84.

Richards T. W., Lemberg M. E. The atomic weight of lead of radioactive origin.— «J. Amer. Chem. Soc.», 1914, v. 36, p. 1329—1344.

В марте Э. Резерфорд (в Англии) опубликовал работу «Строение атома», в которой подвел итоги исследования проблемы атомной структуры за период с 1911 г.

Rutherford E. The structure of the atom.— «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 27, p. 488—498.

Ф. Содди (в Англии), развивая понятие изотопии, отмечал, что место, занимаемое элементом в периодической системе, не является простой функцией массы, а зависит в основном от заряда ядра атома и лишь в меньшей степени от массы. Отсюда он делал вывод, что химический элемент может состоять из атомов различных атомных весов, а то, что принято называть атомным весом, может быть просто средним арифметическим числом. Содди считал, что идентичность химических свойств изотопов является более простым и убедительным доказательством того, что последовательность мест в системе определяется изменением заряда на единицу, чем то доказательство, которое дал Мозли.

Soddy F. The chemistry of the radioelements, v. II, London, 1914.

В апреле, выступая с лекциями в Вашингтоне, Э. Резерфорд впервые высказал предположение о возможности искусственного превращения элементов: «Возможно, что ядро атома может изменяться при непосредственном столкновении с очень быстрыми электронами или атомами гелия, испускаемыми радиоактивным веществом... При благоприятных условиях эти частицы должны подходить очень близко к ядру и могут привести к разрушению ядра или соединиться с ним».

См. Глессстон С. Атом, атомное ядро, атомная энергия. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1961.

Э. Марсден (в Англии) обнаружил, что α -частицы, испускаемые RaC, при прохождении через водород и водородсодержащие вещества, выбивают быстрые частицы с большой длиной пробега; эти частицы были отождествлены с ядрами водорода и наблюдались на фосфоресцирующем экране из сульфида цинка.

Marsden E. The passage of α -particles through hydrogen.— «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 27, p. 824—830.

Э. Резерфорд и Е. Андраде (в Англии) положили конец дискуссии о природе (волновой или корпускулярной) γ -лучей. Исследуя взаимодействие γ -лучей с веществом, ученые доказали, что γ -лучи являются электромагнитным излучением; они сходны с рентгеновскими, но отличаются от последних меньшей длиной волны. Резерфорду и Андраде удалось обнаружить дифракцию γ -лучей на кристалле. Наряду с этим Резерфорд и Андраде доказали идентичность рентгеновских спектров изотопов одного и того же элемента, исследуя спектр RaB. Длина волны L-излучения RaB оказалась такой, которая, согласно Мозли, наблюдалась у обычного свинца. Таким образом, идентичность порядковых номеров изотопов впервые получила чисто физическое подтверждение.

Rutherford E., da Andrade E. N. The spectrum of the penetrating γ -rays from radium B and radium C.— «Phil. Mag.», 1914, ser. 6, v. 28, p. 263—273.

В. Коссель (в Германии), основываясь на предположении, что электроны внешней зоны атома расположены на нескольких «оболочках», рассмотрел механизм возникновения характеристических рентгеновских спектров K-, L- и M-серий. Согласно Косселю, в основе этого механизма лежит процесс перескока электронов между оболочками, последовательно окружающими ядро. Например, возникновение K_{α} - и K_{β} -линий спектра объясняется процессом перехода, при котором электрон, недостающий в K-оболочке, замещается одним из электронов соответственно из L- и M-оболочек. Косселю удалось изобразить полный высокочастотный спектр элемента в виде схемы, в которой произведение любого из термов на постоянную Планка могло быть приравнено к энергии, необходимой для удаления электрона из атомной оболочки в область сплошного спек-

ра. Из работ Косселя следовало, что в основном состоянии все внутренние оболочки атома полностью заполнены.

Kossel W. «*Verh. Dtsch. phys. Ges.*», 1914, Bd 16, S. 899, 953.

1915

В. Гаркинс и Э. Вильсон (в США) провели всесторонний числовой анализ атомных весов элементов. Они заметили, что отклонения атомных весов от целых чисел (в предположении, что атомный вес водорода равен 1) для почти всех элементов начала периодической системы одинаковы по знаку и среднее процентное отклонение для большинства из них постоянно. В связи с этим было высказано следующее предложение: «Чтобы иметь термин для процентного уменьшения в весе, хорошо было бы назвать это явление эффектом упаковки, или процентным отклонением от общепринятого закона суммирования: масса атома равна сумме масс его частей».

Физической причиной эффекта упаковки (теперь — дефекта масс) ученые считали перекрывание электромагнитных полей в малом объеме ядра и пытались оценить этот эффект. Они отметили, что его можно легко определить из анализа атомных весов элементов. Ученые вывели формулу для приближенных значений атомных весов легких элементов:

$$W = 2n + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}(-1)^{n-1},$$

где W — атомный вес; n — порядковый номер элемента. Отмечая, что для гелия и других атомов эффект упаковки одинаков, они сделали вывод: ядра гелия должны быть более прочными образованиями, чем ядра более сложных элементов. Этим, по их мнению, объясняется факт испускания при радиоактивном распаде именно α -частиц. В статье приводился предполагаемый состав ядер легких атомов из гелиевых групп и ядер водорода.

Важнейшими результатами этих статей являются: введение понятия эффекта упаковки и оценка этого эффекта из анализа атомных весов элементов; теоретическое обоснование закона «целых чисел», экспериментально подтвержденного работами Ф. Астона; наконец, в этих статьях содержится первое теоретическое обобщение труда большого

числа исследователей по определению атомных весов элементов.

Harkins W. D., Wilson E. The changes of mass and weight involved in the formation of complex atom — «J. Amer. Chem. Soc.», 1915, v. 37, p. 1367—1383; The structure of complex atoms. The hydrogen—helium system.— Ibid., p. 1383—1396.

Дж. Макленнан и Дж. Гендерсон (в Англии), развивая исследования И. Франка и Г. Герца (см. с. 93), изучили свечение возбужденных ускоренными электронами атомов Cd, Zn, Mg, Ce, Sr, Ba и других металлов. Ученые сделали вывод, что во всех случаях при строго определенном значении ускоряющего электрического напряжения («резонансном напряжении») всегда появляется одна линия («резонансная линия»), которая играет у этих атомов такую роль, как и линия $\lambda = 2537 \text{ \AA}$ у ртути. При постепенном повышении напряжения и достижении им определенного значения наблюдается полный спектр атома. Значение этого предельного напряжения соответствует ионизации атома и получило название ионизационного потенциала.

McLennan J. C., Henderson J. P. Ionisation potentials of mercury, cadmium and zinc, and the single- and many-lined spectra of these elements.— «Proc. Roy. Soc.», 1915, ser. A, v. 91, p. 485—491.

Е. В. Бирон (в России) ввел представление о явлении вторичной периодичности. Принимая во внимание теорию Абега о нормальных валентностях и контрвалентностях элементов (см. с. 51), Бирон показал, что некоторые свойства являются периодической функцией атомного веса элементов данной подгруппы. Подобную закономерность ученый назвал вторичной периодичностью и доказал ее проявление у элементов нулевой группы, щелочных металлов, металлов подгруппы цинка и неметаллов V, VI и VII групп. В связи с этим Бирон предложил, что вторичная периодичность является общим свойством элементов. Этой периодичности, по Бирону, подчиняются физические и химические свойства соединений, которые образованы из элементов, проявляющих контрвалентности.

Бирон Е. В. Явления вторичной периодичности.— «ЖРФХО», 1915, т. 47, ч. хим., с. 964—988.

Э. Марсден и У. Лантсберри (в Англии), продолжая свои исследования, начатые еще в 1914 г., высказали предположение, что «Н-частицы испускаются самими радиоактивными атомами». Они работали с эманацией радия и заметили длиннопробежные частицы, появление которых никак не могло быть объяснено в проведенных ими опытах влиянием примесей водорода.

Marsden E., Lantsberry W. C. The passage of α -particles through hydrogen. II. — «Phil. Mag.», 1915, ser. 6, v. 30, p. 240—243.

В декабре К. Фаянс (в Германии) обобщил исследования изотопии радиоэлементов в радиоактивных семействах. Он впервые «замкнул» радиоактивные вилки на D-продуктах и предсказал существование двух продуктов перед актинием в актиниевом семействе. «Свойства элементов являются периодической функцией ядерного заряда их атомов, причем ядерный заряд равен порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева», — писал Фаянс. Он также объяснил аномалии значений атомных весов (когда более тяжелый элемент предшествовал более легкому) повышенным содержанием в природе тяжелых изотопов соответствующих элементов (аргона, кобальта, теллура). Им впервые было показано, что должны наблюдаться незначительные различия в химических свойствах и спектрах у изотопов одного элемента, что обусловлено различием их масс.

Fajans K. Das periodische System der Elemente, die radioaktiven Umwandlungen und die Struktur der Atome. — «Phys. Z.», 1915, Bd 14, S. 456—486.

1916

В. Коссель (в Германии) предложил статическую электронную теорию строения атомов и молекул, которая основывалась на представлениях Абега и на некоторых положениях теории Бора. Согласно Косселю, электроны внешней зоны атомов распределяются по оболочкам. Все элементы, следующие в периодической системе после гелия, имеют внутреннюю группу электронов (названную Г. Льюисом атомным остатком), которая соответствует электронной структуре ближайшего предшествующего инертного газа. Начало каждого

периода системы элементов соответствует появлению новой оболочки в структуре атома. Каждая оболочка содержит определенное максимальное число электронов. Числа электронов в оболочках равны числам в математическом ряду Ридберга (см. с. 96).

Электроны, принимающие участие в обычных химических реакциях, находятся во внешней оболочке атома. Они могут быть перенесены с одного атома на другой, причем атом, теряющий электрон, становится положительным ионом, а приобретающий — отрицательным. Те элементы, которые располагаются в таблице непосредственно после инертного газа, легко теряют электроны, а размещающиеся непосредственно перед ним — легко их захватывают. Процесс ионизации, по мнению Косселя, заключается в превращении данного атома в структурный аналог ближайшего инертного газа.

Коссель четко сформулировал представление об особой устойчивости внешней оболочки, проявляющейся у атомов инертных газов, и стремлении соседних с ними атомов приобрести в ходе химических реакций подобную устойчивую структуру. Косселем заложена основа представлений об ионном типе связи атомов. Коссель дал схемы распределения электронов для элементов от H до Mn; далее, однако, возникло затруднение, поскольку восьмой элемент после аргона (Fe, $Z=26$) не является инертным газом, хотя система с 26 электронами, по Косселю, должна быть устойчивой.

K o s s e l W. Über Molekülbildung als Frage des Atombaus. — «Ann. Phys.», 1916, Bd 49, S. 229—362.

Г. Льюис (в США) предложил статическую теорию строения атомов и молекул, основанную на следующих положениях: 1) каждый атом включает в себя ядро, которое остается неизменным при всех химических процессах и обладает положительным зарядом, равным порядковому номеру элемента; 2) электронная оболочка в нейтральном атоме содержит столько электронов, сколько «чистых» положительных зарядов несет ядро (при химических процессах число электронов в оболочке может изменяться в пределах от 0 до 8); 3) для атома характерно стремление удерживать в оболочке четное число электронов (в особенности восемь); 4) две оболочки взаимно не-

проницаемы; 5) как правило, электроны в наружной оболочке могут легко меняться местами.

Согласно Льюису, электроны образуют вокруг ядра несколько концентрических оболочек. Те электроны, которые расположены во внешней оболочке, называются валентными, причем их не может быть больше восьми. Остальная часть атома представляет собой «зерно» (атомный остаток). В атомах инертных газов нет валентных оболочек, и каждый из таких атомов сам по себе является «зерном». Атомы стремятся к образованию электронной структуры инертного газа двумя путями: 1) теряя внешние валентные электроны или присоединяя электроны и образуя атомный остаток инертного газа следующего периода (ионная валентность); 2) образуя пары электронов, одновременно принадлежащие двум атомам (ковалентность). Второе положение является важнейшим вкладом Льюиса в развитие представлений о валентности.

Lewis G. The atom and the molecule. — «J. Amer. Chem. Soc.», 1916, v. 38, p. 762—785.

Р. Свинне (в Германии) высказал предположение, что у инертных газов при переходе от каждого из них к следующему с бóльшим атомным номером число сохраняющихся неизменными электронных группировок возрастает на единицу. Он считал, что для такой завершенной группы электронов главное квантовое число увеличивается на единицу по мере присоединения новой законченной группы (это согласовывалось с данными рентгеновской спектроскопии). Для инертных газов после аргона Свинне принимал следующие группы электронов: Kr = 2 + 8 + 8 + 18; Xe = 2 + 8 + 8 + 18 + 18; Rn = 2 + 8 + 8 + 18 + 18 + 32.

Swinnе R. Zum Ursprung der γ -Strahlenspektren und Röntgenstrahlenserien. — «Phys. Z.», 1916, Bd 17, S. 481—488.

А. Зоммерфельд (в Германии) завершил цикл теоретических исследований, представляющих собой дальнейшее развитие первоначальной теории Бора. Зоммерфельд предложил идею о движении электрона по эллиптическим орбитам и заменил боровское квантовое условие устойчивости круговых орбит двумя условиями для эллиптических орбит; для этого было введено два квантовых числа —

радиальное n_r и азимутальное n_φ . Азимутальное квантовое число определяло (как и квантовое число n в модели Бора) момент количества движения электрона. Формула для энергии электрона была такой же, как и в боровской теории (см. с. 91), но число n , по Зоммерфельду, выражалось суммой $n = n_r + n_\varphi$. Эта сумма была названа главным квантовым числом. В зависимости от значений чисел n_r и n_φ при данном значении их суммы электроны могли двигаться по эллипсам различной вытянутости, имея, однако, одно и то же значение энергии.

Исследования Зоммерфельда явились важным шагом к разработке формальных моделей атомов (представлений о характере формирования электронных конфигураций с ростом Z). Он фактически ввел представление о двух квантовых числах: n (главном) и k (побочном, которое могло принимать значения от 1 до n). Расчеты Зоммерфельда показали, что одному и тому же стационарному состоянию атома водорода (характеризуемому значением n) могут соответствовать орбиты различной формы.

Sommerfeld A. Zur Quantentheorie der Spekt-rallinien.— «Ann. Phys», 1916, Bd 51, S. 1—94.

А. Зоммерфельд и П. Дебай (в Германии) показали, что для описания действия однородного слабого внешнего магнитного поля, кроме двух квантовых чисел (главного n и азимутального k) требуется третье квантовое число. Это число Зоммерфельд назвал внутренним квантовым числом и обозначил через j . Оно определяет пространственную ориентировку орбиты внешнего электрона относительно остова атома. Дебай и Зоммерфельд показали, что компоненты момента количества движения в направлении магнитного поля также квантуются. Тем самым в физику вошло важное понятие о пространственном квантовании, вскоре подтвержденное опытами Штерна и Герлаха (см. с. 118).

Sommerfeld A. Zur Theorie des Zeeman—Effekts der Wasserstofflinien, mit einem Anhang über den Stark—Effekt.— «Phys. Z.», 1916, Bd 17, S. 491—507.

Debye P. Quantenhypothese und Zeeman—Effect.— «Phys. Z.», 1916, Bd 17, S. 507—516.

Т. Ричардс и Ч. Уодсворт (в США) измерили атомные веса свинца из различных урансодержащих минералов и

доказали, что эти атомные веса всегда меньше атомного веса обычного свинца.

Richards T. W., Wadsworth Ch. Further study of the atomic weight of lead of radioactive origin.— «J. Amer. Chem. Soc.», 1916, v. 38, p. 2613—2622.

1917

В. Гаркинс (в США) выдвинул идею ядерной периодичности, поставив цель «представить периодическую систему элементов, которая связывает их распространенность со структурой ядер их атомов. Эта система названа новой, чтобы отличить ее от обычной периодической системы Менделеева, к которой она не имеет отношения».

Все элементы, по Гаркинсу, распадаются на четные (состав ядер $n\text{He}$) и нечетные (состав ядер $n\text{He} + 3\text{H}$), причем четные элементы более распространены в природе, чем нечетные (правило Гаркинса). Отсюда он заключил, что в то время как в обычной периодической системе нет периодичности, меньшей чем в 8 элементов, в структуре ядер проявляется периодичность в 2 элемента. На основе обширного геохимического материала Гаркинс проанализировал распространенность элементов в метеоритах и земной коре и убедительно показал справедливость своей гипотезы о ядерной периодичности. Результаты работы он суммировал следующим образом: «Водородно-гелиевая система имеет фундаментальное отношение к структуре ядер атомов, и эта структура не влияет на устройство внешних электронов, поскольку последнее зависит только от заряда ядра... Однако структура ядра должна оказывать влияние на его устойчивость, что находит свое выражение в распространенности соответствующих элементов».

Harkins W. D. The evolution of the elements and the stability of complex atoms.— «J. Amer. Chem. Soc.», 1917, v. 39, p. 856—879.

М. Зигбан и В. Стенстрём (в Германии) сравнили рентгеновские спектры обыкновенного свинца и радиоактивного изотопа RaC и обнаружили идентичность длин волн L-серий. Таким образом, было получено еще одно подтверждение идентичности порядковых номеров и расположения

периферийных электронов для изотопов одного и того же элемента.

Siegbahn M., Stenström W. Über die Röntgenspektren der isotopischen Elemente. — «Phys. Z.», 1917, Bd 18, S. 547—548.

Ф. Содди (в Англии) впервые высказал гипотезу о возможности существования «изотопов высшего порядка», в дальнейшем открытых среди радиоактивных изотопов О. Ганом (см. с. 119) и среди искусственных изотопов И. В. Курчатовым с сотрудниками (см. с. 163) и названных изомерами.

Soddy F. The complexity of the chemical elements. — «Nature», 1917, v. 99, p. 414—418, 433—438.

1918

Н. Бор (в Дании) выдвинул так называемый принцип соответствия: в области больших значений главного квантового числа n результаты квантовой и классической теорий совпадают, а при средних значениях n имеется соответствие между этими теориями.

Bohr N. On the quantum theory of line spectra. I. On the general theory. II. On the hydrogen spectrum. — «Kgl. danske vid. selskab. skr. Naturvid. og math. afd.», 1918, række 8, Bd IV, Nr. 1, S. 1—36, 37—100.

К. Фаянс (в Германии) объяснил большой разброс в значениях атомных весов свинца радиоактивного происхождения наличием в нем RaD — изотопа свинца с большим атомным весом.

Fajans K. Zur Kenntnis und Auffassung isotonen Bleiarten. — «Z. Elektrochem.», 1918, Bd 24, S. 163—169.

Л. Мейтнер (в Германии), обсуждая вопрос происхождения протактиния, предложила схему распада уранового ряда. По мнению ученой, актиниевое семейство образуется в результате радиоактивной вилки у UII.

Meitner L. Die Muttersubstanz des Aktinium, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer. — «Z. Elektrochem.», 1918, Bd 24, S. 169—173.

А. Демпстер (в США) высказал идею, что если положительно заряженные частицы обладают одинаковой энергией, то для анализа их масс достаточно лишь одного магнитного поля. Эта идея была в дальнейшем использована при создании масс-спектрографа и соответствующего метода для анализа изотопного состава элементов.

Dempster A. J. A new method of positive ray analysis.— «Phys. Rev.», 1918, v. 11, p. 316—325.

О. Ган, Л. Мейтнер (в Германии) и независимо от них Ф. Содди и Дж. Крэнстон (в Англии) открыли протактиний (Pa). Название принадлежит немецким ученым. Английские ученые подтвердили предположение, что протактиний (экатантал) должен размещаться в периодической системе между торием и ураном. Для этого они при выделении протактиния использовали в качестве меченых атомов изотоп UX_2 , который с определенностью был размещен в периодической системе.

Hahn O. Meitner L. Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioactives Element von langer Lebensdauer.— «Phys. Z.», 1918, Bd 19, S. 208—218.

Soddy F., Curie M., Rutherford E. The parent of actinium.— «Nature», 1918, v. 100, p. 498, 499.

А. Стюарт (в Англии) предложил модель структуры атома. По этой модели, в центре по круговым орбитам вращаются с большой скоростью электроны, дающие при распаде атома β -частицы. Следующую зону образуют тоже круговые орбиты положительных частиц (ядер водорода), причем из-за близкого расположения в первой зоне последние могут объединяться в радиоактивных атомах в ассоциации с электронами и образовывать наблюдаемые при распаде α -частицы. Эти две зоны, которые Стюарт называл ядром, составляют почти всю массу атома и имеют размер около 10^{-12} см.

Внешнюю оболочку атома составляют вытянутые эллиптические орбиты валентных электронов, легко отделяемых от ядра. Для инертных газов эти орбиты предполагались круговыми, чем объяснялась их химическая инертность. Стюарт пытался установить аналогию между химическими и ядерно-физическими свойствами (через эллиптические орбиты валентных электронов). В работе впервые введено понятие «изобары» для атомов с одина-

ковыми атомными весами, но разными порядковыми номерами и химическими свойствами.

Stewart A. Atomic structure from the physico-chemical standpoint.— «*Phil. Mag.*», 1918, ser. 6, v. 36, p. 326—336.

С. Мейер (в Австрии) вслед за Ф. Содди (см. с. 109), обсудил вопрос о возможности существования так называемых изотопов высшего порядка. По мнению Мейера, могут существовать ядра, которые при одинаковом заряде и одинаковом атомном весе характеризуются различным расположением структурных единиц и вследствие этого различной устойчивостью. Фактически эта идея представляет собой предвидение ядерной изомерии.

Meyer S. Zur Frage nach der Existenz von Isotopen mit gleichem Atomgewicht. Die Endprodukte der Thoriumzerfallsreihe.— «*Sitzungsber. Wien, Akad. Wiss.*», 1918, ser. IIa, Bd 127, S. 1283—1296.

1919

Э. Резерфорд (в Англии) начал публиковать серию работ, посвященных изучению столкновений α -частиц с атомами легких газов. Было замечено, что при облучении некоторых газов α -частицами появлялись частицы, по своим свойствам похожие на «положительные электроны» (протоны). Особенно сильный выход ядер водорода наблюдался при облучении азота. Резерфорд сделал вывод, что при столкновении быстрой α -частицы с ядром азота последнее распадается на два или несколько осколков-ядер с разными зарядами; одним из осколков является протон.

Таким образом, впервые наблюдалось искусственное превращение ядер, их расщепление.

Rutherford E. Collision of α -particles with light atoms. I. Hydrogen. II. Velocity of the hydrogen atom. III. Nitrogen and oxygen atoms. IV. An anomalous effect in nitrogen.— «*Phil. Mag.*», 1919, ser. 6, v. 37, p. 537—587.

Ф. Астон (в Англии) разработал новый вариант «положительного лучевого спектрографа», свободного от недостатков метода парабол. Идея прибора состояла в том,

что пучки заряженных частиц (ионов) могут фокусироваться в электрическом и магнитном полях. Предварительные фотографии, полученные на новой установке, показали, что достижимая погрешность при сравнении масс равна приблизительно 0,1%.

Aston F. A positive ray spectrograph.— «*Phil. Mag.*», 1919, ser. 6, v. 38, p. 707—714.

И. Лэнгмюр (в США) предложил статическую теорию строения атома, которая во многом представляет развитие идей Льюиса. Исходным пунктом рассуждений Лэнгмюра явился математический ряд Ридберга, выражающий порядковые номера инертных газов:

$$N = 2(1^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 3^2 + 4^2 + \dots).$$

По мнению Лэнгмюра, множитель 2 указывает на существование симметрии второго порядка в структуре атомов инертных газов. Вокруг ядра располагается ряд сферических оболочек с радиусами, пропорциональными целым числам 1, 2, 3, 4, ..., в связи с чем площади оболочек пропорциональны квадратам этих чисел. Оболочки в каждом атоме расположены на одинаковом расстоянии друг от друга. Каждая сфера разделена на некоторое число «камер», пропорциональное площади оболочки. Все камеры данного атома имеют одинаковый объем. Отсюда вытекает максимальная «емкость» оболочек Лэнгмюра по мере их удаления от ядра, равная числу камер: 2, 8, 18, 32, ...

Каждая камера самой внутренней (ближайшей к ядру) оболочки содержит по одному электрону; всякая другая камера в атоме может содержать по два электрона. В наружной оболочке не может находиться ни один электрон, пока все внутренние не будут содержать максимального числа электронов. В наружной оболочке два электрона могут находиться в одной камере только в том случае, если во всех остальных имеется по крайней мере по одному электрону. Согласно Лэнгмюру, два электрона в одной камере не взаимодействуют друг с другом.

Таким образом, в воззрениях Лэнгмюра содержатся некоторые зародыши будущих представлений о распределении электронов по квантовым состояниям.

Langmuir I. The arrangement of electrons in atoms and molecules.— «*J. Amer. Chem. Soc.*», 1919, v. 41, p. 868.

1920

Г. Хевеши и В. Цехмайстер (в Австрии) впервые наблюдали явление изотопного обмена. Ученые растворяли в пиридине нитрат свинца, содержащий радиоактивный свинец и нормальный хлористый свинец. Оказалось, что в выкристаллизовывающемся хлористом свинце свинец наполовину так же активен, как активированный свинец в первоначальном нитрате.

Hevesy G., Zechmeister W. Über den Verlauf des Umwandlungsvorganges isomerer Ionen.— «Z. Elektrochem.», 1920, Bd 26, S. 151—153.

Ф. Астон (в Англии), работая на масс-спектрографе, окончательно доказал, что неон состоит из смеси двух изотопов — с атомными весами 20 и 22 (с погрешностью до 0,1%).

Aston F. The constitution of atmospheric neon. — «Phil. Mag.», 1920, ser. 6, v. 39, p. 449—455.

Р. Ладенбург (в Германии) обратил внимание на то, что в середине больших периодов системы расположены ряды элементов (Ti — Ni, Zr — Pd, Ta — Pt) с постоянной минимальной валентностью, равной +2, а также редкоземельные элементы с постоянной минимальной валентностью, равной +3 (кроме Sm и Eu). Все эти элементы имеют минимальные атомные объемы, образуют парамагнитные ионы и дают окрашенные растворы солей. Ладенбург сделал вывод, что в атомах этих элементов содержится постоянное число внешних, легко отделяющихся электронов. Остальные валентные электроны составляют промежуточную оболочку между внешними и внутренними электронами и ответственны за цвет солей и парамагнетизм ионов.

Ladenburg R. Atombau und periodisches System der Elemente.— «Z. Elektrochem.», 1920, Bd 26, S. 262—274.

Э. Резерфорд (в Англии) высказал предположение о существовании нейтрона и тяжелого изотопа водорода: «Очень вероятно, что один (ядерный) электрон может связывать два ядра водорода или, что также возможно, одно ядро водорода. В первом случае это влечет за собой воз-

возможность существования атома (который должен рассматриваться как изотоп водорода) с массой, почти равной 2, и с единичным зарядом. В другом же случае это приводит к мысли о возможности существования атома, масса которого 1 и ядерный заряд 0. Такой атом имел бы новые свойства. Его внешнее поле было бы практически везде нулевым, за исключением случая наибольшей близости от ядра; поэтому он мог бы свободно проходить через вещество. Он должен был бы свободно проходить в структуру атомов и мог бы или соединиться с ядром, или разрушаться его сильным полем, результатом чего возможен был бы вылет заряженного атома водорода, или электрона, или же их обоих.

Таким образом, Резерфорд правильно предсказал основные свойства нейтрона.

Rutherford E. Bakerian lecture: nuclear constitution of atoms.— «Proc. Roy. Soc.», 1920, ser. A, v. 97, p. 374—400.

Ф. Астон (в Англии) написал обобщенную работу о проведенных экспериментах на своем первом масс-спектрографе (см. с. 111). Он опубликовал найденные значения масс изотопов одиннадцати элементов (H, He, C, N, O, Ne, Cl, Ar, Kr, Xe, Hg) — всего около 30 изотопов, в том числе по два изотопа Ne и Cl, шесть изотопов Xe, и сформулировал «правило целых чисел»: «... все массы (за исключением H_1 , H_2 , H_3) — атомные и молекулярные — элементов или сложных соединений, которые были измерены, — суть целые числа в пределах точности опыта... С другой стороны, не нужно полагать, что правило целочисленности соблюдается с математической точностью... Электромагнитная теория утверждает, что масса в общем не аддитивна и... обычно масса ядра меньше, чем сумма масс составных частей». Астон полагал, что можно обнаружить этот эффект, повысив разрешающую способность масс-спектрографа. Другим важным выводом было то, что, например, атом гелия имеет массу меньшую, чем четыре атома водорода.

Астон предложил для обозначения изотопов снабжать символ химического элемента индексом, соответствующим массовому числу изотопа, например, ^{22}Ne , ^{23}Na и т. д.

Этой работой Астона было закреплено открытие изотопии среди нерадиоактивных элементов.

Aston F. The mass-spectra of chemical elements.— «Phil. Mag.», 1920, ser. 6, v. 39, p. 611—625.

Дж. Чэдвик (в Англии) осуществил проверку вывода Г. Мозли о том, что заряд точно равен порядковому номеру элемента. В качестве объектов исследования были выбраны медь, серебро и платина. Ученый нашел, что заряды ядер атомов этих элементов равны соответственно 29,3; 46,3; 77,4 единичных зарядов (с погрешностью 1—2%), а порядковые номера этих элементов — 29, 47 и 78. Кроме того, он показал, что закон кулоновского рассеяния для α -частиц выполняется для платины до расстояний 10^{-11} см, т. е. до K -оболочки электронов в атоме, и сделал вывод, что «электроны не присутствуют в области между ядром и K -оболочкой».

Chadwick J. The charge on the atomic nucleus and the law of force.— «Phil. Mag.», 1920, ser. 6, v. 40, p. 734—746.

В. Гаркинс (в США), продолжая развивать идеи своих предшественников работ, вывел формулы и привел таблицы состава ядер легких (до кобальта) и радиоактивных элементов. В качестве структурных единиц он брал электроны, ядра гелия и водорода и допускал справедливость принципа аддитивности для рассматриваемых областей периодической системы. Для середины периодической таблицы, где атомные веса в целом следуют случайному распределению относительно целых чисел, Гаркинс сделал вывод, что это объясняется существованием изотопов у этих элементов. Им правильно была отмечена аномалия в структуре ядер бериллия, азота и некоторых других атомов. В качестве возможных структурных единиц В. Гаркинс рассматривал также группу $\nu = \eta_3 \beta_2$ (η — ядро водорода, β — «ядерный» электрон), которую он связывал с гипотетическим небуллием или изотопом водорода с массой 3. Он рассматривал, как возможные, также группы $\eta_2 \beta$ и $\eta_2 \beta_2$, но только в смысле удобства записи формул состава ядер.

С современной точки зрения можно сказать, что Гаркинсом был описан в целом правильный состав ядер (их устойчивых изотопов).

Harkins W. D. The nuclei of atoms and the new periodic system.— «Phys. Rev.», 1920, v. 15, p. 73—94.

В. Гаркинс (в США) впервые предложил в терминах протонно-электронной модели «естественную» классификацию изотопов в зависимости от четного или нечетного числа «внутриядерных» электронов — отрицательных (собственно электронов, N) и положительных (протонов, P), распределив все изотопы по убывающей распространенности на Земле и в метеоритах: четно-четные, четно-нечетные, нечетно-нечетные, нечетно-четные (по N и P).

Эта классификация была модифицирована в дальнейшем для протонно-нейтронной модели ядра — по отношению к протонам и нейтронам.

Harkins W. D. Natural systems for the classification of isotopes, and the atomic weights of pure atomic species as related to nuclear stability. — «J. Amer. Chem. Soc.», 1921, v. 43, p. 1039—1061.

В. Гаркинс (в США) вывел формулу для большинства атомных ядер $(p_2e)_M (pe)_n$, где $M = P - N$, P — число протонов, N — число «ядерных» электронов, p — протон, e — электрон. В этой же работе он ввел понятие изотопического числа n , которое нужно добавить к удвоенному порядковому номеру, чтобы получить численное значение атомного веса, или: «изотопическое число может быть определено как число нейтронов (pe), которое нужно добавить к атому того же самого порядкового номера, но с нулевым изотопическим числом, чтобы получить состав ядра. Поэтому формула любого ядра может быть такой $(p_2e)_M (pe)_n$ ». Гаркинс, в частности, отметил, что «отрицательные электроны в атомных ядрах, по-видимому, объединяются в пары» и что число изотопов четных элементов больше числа изотопов нечетных элементов, причем наблюдается периодичность в распространенности элементов по изотопическому числу n .

Harkins W. D. Isotopes: their number and classification. — «Nature», 1921, v. 107, p. 202, 203.

1921

Н. Бор (в Дании) выступил 18 октября в Копенгагенском физическом обществе с докладом «Строение атомов и физико-химические свойства элементов», где, основываясь на своих представлениях о строении ато-

мов, дал первый набросок теории периодической системы элементов, связав периодичность их химических и спектральных свойств с характером формирования электронных конфигураций по мере увеличения Z . Им было введено главное n и побочное k квантовые числа, причем было постулировано, что завершение главной группы (с данным n) происходит тогда, когда число электронов в ней становится равным $2n^2$.

Н. Бор также объяснил близость свойств редкоземельных элементов достройкой их внутренних оболочек.

Bohr N. Atomkernes bygning af stoffernes fysiske og kemiske egenskaber. — «Fys. Tidsskr.», 1921, Bd 19, S. 153—220; см. также Бор Н. Три статьи о спектрах и строении атомов. М.—Пг., ГИЗ, 1923, с. 76.

К. Бэри (в США) предложил статическую модель атома, основанную на следующих положениях: 1) последовательные электронные оболочки содержат соответственно максимум 2, 8, 18, 32 и т. д. электронов; 2) группы из 8 и 18 электронов в оболочках устойчивы даже тогда, когда оболочка может содержать и большее число электронов; 3) нормальное максимальное число электронов в наружной оболочке равно 8 (число электронов в данной оболочке может стать больше 8 только тогда, когда во вновь образующейся наружной оболочке накопится некоторое число электронов); 4) в ходе превращения во внутренней оболочке устойчивой группы из 8 электронов в группу из 18 электронов или группы из 18 в группу из 32 электронов возникают ряды переходных элементов, причем структура атомов последних непостоянна; например, атом титана с порядковым номером 22 может существовать в трех состояниях, отличающихся числами электронов в оболочках: (2, 8, 8, 4), (2, 8, 9, 3), (2, 8, 10, 2), что обуславливает способность титана отдавать четыре, три или два валентных электрона.

Вывод Бэри сводится к следующему: как только в какой-либо оболочке, независимо от ее емкости, окажется 8 электронов, должно начаться формирование новой наружной оболочки.

Bury C. R. Langmuir's theory of the arrangement of electrons in atoms and molecules. — «J. Amer. Chem. Soc.», 1921, v. 43, p. 1602—1609.

Л. Мейтнер (в Германии) предположила, что ядра гелия, будучи главной структурной единицей атомных ядер, могут быть отчасти нейтрализованы парами «ядерных электронов». В таком случае, например, ядро урана с зарядом 92 должно иметь формулу $46\alpha + 13(\alpha' + 2\beta) + 2H + 2e$, где α — ядра гелия со свободным зарядом; α' — ядра гелия, нейтрализованные электронами 2β ; $2H$ — ядра водорода; $2e$ — электроны, нейтрализующие водородные ядра.

Наличие в ядре α -частиц со свободным зарядом и комплексов $\alpha' + 2\beta$, по мнению Мейтнер, позволяло объяснить закономерности α - и β -распадов в радиоактивных семействах. В частности, она заключила, что ряд актиния должен происходить от III.

Meitner L. Über die verschiedenen Arten des radioaktiven Zerfalls und die Möglichkeit ihrer Deutung aus der Kernstruktur.— «Z. Phys.», 1921, Bd 4, S. 146—156.

М. Нейбургер (в Германии), основываясь на предложенной Л. Мейтнер модели ядра (см. выше), выдвинул классификацию изотопов радиоактивных элементов «на 3 или даже 4 класса», исходя из идентичности или различия их атомных весов, строения и отношения к распаду.

Эта работа является одной из первых попыток классификации изотопов.

Neuburger M. L. The isotopy of the radioelements.— «Nature», 1921, v. 108, p. 180.

О. Штерн и В. Герлах (в Германии) экспериментально доказали наличие пространственного квантования в магнитном поле. Изучая отклонение пучка атомов серебра в сильном неоднородном магнитном поле, ученые показали, что атом серебра в своем основном состоянии обладает магнитным моментом, по величине равным боровскому магнетону. Тем самым Штерн и Герлах продемонстрировали пространственное квантование атома в магнитном поле и выяснили атомистическую природу магнитного момента.

Gerlach W., Stern O. Der experimentelle Nachweis des magnetischen Moments des Silberatoms.— «Z. Phys.», 1921, Bd 8, S. 110—111.

О. Ган (в Германии) обнаружил, что UZ является изотопом UX_2 и имеет одинаковое с ним массовое число. Однако скорости радиоактивного распада UX_2 и UZ различны.

Таким образом, Ган впервые наблюдал явление ядерной изомерии (этот термин был введен Л. Мейтнер в 1936 г.) у изотопов естественных радиоактивных элементов (^{234}Pa).

H a h n O. Über eine neue radioaktive Substanz im Uran.— «Ber. Dtsch. chem. Ges.», 1921, Bd 54, S. 146, 1131—1142.

Ф. Астон (в Англии) провел анализ изотопного состава щелочных металлов, пользуясь методом «горячего анода» (в разрядную трубку масс-спектрографа вводили в качестве анода платиновую пластинку, нагреваемую электрическим током; на пластинку помещали расплавляемые соли щелочных металлов). Астону удалось обнаружить изотопы лития с массовым числом 7 и 6, а также найти массовые числа изотопов натрия, калия, рубидия и цезия.

A s t o n F. The mass spectra of the alkali metals.— «Phil. Mag.», 1921, ser. 6, v. 42, p. 436—441.

Дж. Глессон (в Англии) попытался синтезировать ядра «нулевого элемента» (нейтрона). Ученый предполагал, что во время сильного электрического разряда в атмосфере водорода образуются в большом количестве протоны и электроны, при столкновении которых могли возникать нейтроны. Однако наблюдать образование нейтронов ему не удалось.

G l a s s o n J. L. Attempts to detect the presence of neutrons in a discharge tube.— «Phil. Mag.», 1921, ser. 6, v. 42, p. 596—600.

Дж. Томсон (в Англии) предложил метод определения относительной распространенности изотопов данного элемента. Этот метод одновременно позволял измерять атомный вес элемента чисто физическим путем. Экспериментально проблема впервые была решена Демпстером.

T h o m s o n J. Rays of Positive Electricity, 1921, p. 120.