Становление понятий о химическом элементе.

Теоретические представления о химических явлениях рассматривались в курсе философии в свете общих представлений о возникновении и исчезновении веществ. Эксперементальной же работой в области химии занимались многочисленные аптекари и алхимики. Последние, делая опыты по “трасмутации” металлов, не только открывали новые способы получения различных веществ, но и развивали натурфилософские учения древнегреческих философов Аристотеля, Эмпедокла, Левкиппа, Демокрита. Согласно этим учениям, все вещества в природе состоят из более простых частей, называемых элементами. Такими элементами по Левкиппу и Демокриту были атомы - мельчайшие частицы бескачественной первичной материи, различной только по величене и форме.

В эпоху эллинизма возникло учение о “трансмутации” (превращении), согласно которому можно, изменяя сочетание элементов, получать вещества с иными свойствами. Это учение было развито Парацельсом. Подобно алхимикам, Парацельс исходил из представления, что все вещества состоят из элементов, способных соединяться друг с другом. При разложении веществ элементы разъединяются. Но в отличии от алхимиков Парацельс подчеркнул вещественный характер трех начал: “серы” - начала горючести, “ртуть” - начала липучести, “соли” - начала огнепостоянства.

Учение о ртути, сере и соли как начала, образующих все тела, содержится в сочинениях неизвестного автора, труды которого появлялись под псевдонимом “Василий Валентин”, и получили большое распространение в 16 веке. Доказательства этого учения Парацельс видел в горении древесины. Он писал: “ Чтобы испытать это, возьми сначала дерево: это будет тело. Сожги его, тогда то, что будет гореть, - это сера, то, что будет дымить, - меркурий ( ртуть), а то, что останется золой, - соль”.

Считая,что каждый из четырех элементов Аристотеля должен состоять из этих трех начал, Парацельс писал: “ Каждый элемент состоит из трех начал: ртути, серы и соли.”

Роберт Боиль

Боиль жил в эпоху великих общественных и духовных преобразований. Однако несмотря на сильные религиозные тенденции, Бойль научными работами расчистил путь механистическому материализму в естествознании. На основании экспериментальных результатов Бойль в первую очередь выступил против учения о трех началах и четырех элементах как основе всех веществ. По его мнению, элементом следует считать вещество, которое не имеет составных частей и не может быть разложено. Этот критерий Бойль принял для определения химического элемента в значительной мере потому, что в то время считалось, что вещества, не изменяющиеся при обжиге можно назвать элементами.

Бойль доказал также, что вещества, которые он анализировал, вовсе не распадаются на три или четыре более простых вещества, как, например, золото или стекло. Из некоторых веществ могут выделяться простые “тела” в количестве, большем чем три или четыри, причем их химические свойства такие же, как у элементов.

Михаил Васильевич Ломоносов.

Он принадлежит к числу первых ученых, изучивших количественно химические процессы при помощи взвешивания.

Ломоносов обратил внимание на увеличение веса металлов после обжигания на воздухе. Он считал сомнительным вывод Бойля о том, что это увеличение веса вызвано присоединением “тепловых материй”. Уже в 1744 году Ломоносов писал: “если бы теплотворная материя приставала к известям, то сами извести, вынутые из огня, оставались бы горячими. Следовательно, эта материя либо к ним не пристает, либо пристающая материя - не теплотворная”. В 1748 году он писал Эйлеру:”...нет никакого сомнения, что частицы из воздуха, непрерывно текущего на кальцинируемое тело,смешиваются с последним и увеличивают его вес”.

Антуан Лоран Лавуазье.

Вслед за Ломоносовым Лавуазье пришел к выводу, что такое увеличение массы металлов должно быть связано с поглощением воздуха. Лавуазье в 1787 году предложил новую рациональную номенклотуру химических соединений, созданную им вместе со знаменитыми французскими химиками К. Бертолле, А. Фуркруа и Л. Гитоном де Морво. В докладе Парижской Академии наук Авторы подчеркивали:”В соответствии с предложенной нами программой мы обратили особое внимание на наименования простых тел, поскольку названия сложных тел должны получаться из названия простых.” В своей новой химической системе Лавуазье впервые разделил вещества на химические элементы (среди которых он выделил металлы и неметаллы,а также два “невесомых флюида” -свет и теплород и, кроме того, так называемые “земли”: известь CaO, магнезит MgO, барит BaO, глинозем Al2O3, кремнезем SiO2.Лавуазье подозревал сложность состава этих веществ, но в то время они еще не были разложены, и поэтому ученый причислял их к элементам.) и химические соединения. Таким образом, Лавуазье систематизировал совокупность химических знаний в рамках созданной им общей теории.

Джон Дальтон.

Дальтон развил в своих исследованиях представления Ньютона, изложенные в его работе “Математические начала натуральной философии”, опубликованной в 1687 году. Ньютон показал, что газ состоит из мельчайших материальных частичек, силы отталкивания между которыми растут пропорционально уменьшению расстояния между ними. Дальтон считал, что отталкивание происходит только между частицами определенного вида газа, в то время как частицы других видов газов не должны отталкиваться.

Дальтон показал, что эти мельчайшие частицы растворяются не только в фазе, где существуют два газа, но и в системе, образованной газом и жидкостью. Растворимость различных газов в воде он объяснял таким образом:”Эта разница тесно связана с тяжестью, весом и числом мельчайших частиц в различных газах. Подвижность более легких и меньших по размерам частиц падает. Рассмотрение роли относительной тяжести мельчайших частичек тел, насколько я знаю, является совершенно новым предметом исследования. Я начал недавно эти работы и достиг некоторых успехов .”

Результаты своих определений весов мельчайших частиц Дальтон обобщил в 1803 году в таблице, озаглавленной “Соотношения весов мельчайших частиц газообразных и других тел”. Приняв за еденицу атомную массу водорода, Дальтон определил относительные атомные массы азота (4), углерода (4,5), кислорода (5,66), серы (17), воды (6,66) и других веществ.

Дальтон пользовался атомной теорией как основой для новой химической символики.

Хотя сделанные Дальтоном определения атомных весов были недостаточно точными, разработанная английским ученым атомистическая теория внесла в химию первые ясные представления о строении элементов и их соединений и позволила количественно объяснить и предвидеть химические явления, отчетливо показала важность теоретических построений для развития экспериментальных химических исследованний. Большинство химиков тотчас восприняли основные положения теории Дальтона и стали развивать их.

Йенс Якоб Берцелиус.

Особенно большое значение имели работы шведского химика Берцелиуса, который дал более точные определения атомных масс. Уже до Берцелиуса Дальтон пользовался атомной теорией для новой химической символики. Дальтон отбросил использующиеся в то время химические знаки, которые не отражали количественного состава соединений, и предложил для каждого элемента символ, обозначающий его атом. Состав соединения он изображал соположением символов атомов, из которых оно состоит. Однако, формулы, предложенные Дальтоном, не всегда давали представление об истинном числе атомов, образующих соединение: количественный элементарный анализ позволял ученому лишь судить об относительных массах элементов, входящих в состав соединения. Атомистическая теория Дальтона показала важность теоретических построений для развития экспериментальных химических исследований.

Берцелиус с большим успехом применил закон Гей-Люссака для определения состава и количественных характеристик многих элементов и соединений. Со времени публикации своих первых работ Берцелиус поддерживал тесные личные связи с химиками во многих странах, что помогало ему создать четкое представление о мировом уровне разработки научных проблем.

Наиболее важным вкладом Берцелиуса в развитие химии являются разработка атомистической теории Дальтона и подтверждение законов постоянных и кратных отношений фундаментально проведенными анализами: анализу были подвергнуты 2000 соединений, образованных 43 элементами. Результатом работ было усовершенствование старых и создание новых методов анализа, изобретение новых приборов, развитие техники лабораторных работ.

Одним из наиболее значительных научных достижений Берцелиуса было создание им таблицы атомных масс. Существенную помощь при этом ему оказал закон объемных отношений газов, установленный Гей-Люссаком. Значение этого закона Берцелиус понял сразу же после ознакомления с работой французского ученого, относящейся к 1808.

Первую таблицу атомных масс Берцелиус опубликовал в 1814 году. В отличии от Дальтона Берцелиус принял за основу для расчетов атомную массу кислорода., а не водорода. Атомную массу шведский ученый принял равной 100. Ж. С. Стас впоследствии пересчитал атомные массы элементов, приняв атомную массу кислорода равной 16. С 1818 г. по 1826 г. Берцелиус несколько раз исправлял значения атомных масс, используя открытые в 1819 г. Законы изоморфизма Мичерлиха и атомных теплоемкостей Дюлонга и А.Пти.

В результате этих исследований Берцелиус значительно уточнил величины атомных величин, определенные Дальтоном. Тем самым были созданы предпосылки систематизации элементов на основе их атомных масс. Эти тщательно выполненные исследования позволили Берцелиусу сделать атомистическую модель основой химии.

Ýêñïåðèìåíòàëüíûå ðàáîòû, поведенные во второй половине 19 - начале 19 вв. Б.Франклином, Л.Гальвани, А.Вольтой и другими исследователями, привлекли внимание естествоиспытателей и филисофов к электрическим процессам. Результаты этих работ и выводы из них побудили Берцелиуса к разработке электрохимической теории. Приняв за основу электрохимические положения Дэви, Берцелиус считал причиной соединения элементов в определенном отношении электрическую полярность атомов. Учение об электричестве похволило дать простое объяснение природе, например, такого распространенного в химии явления, как образования солей. Оказалось, что с суть этого явления заключается во взаимной нейтрализации положительных и отрицательных зарядов мельчайших частичек вещества. На основе разработанной им теории Берцелиус сделал принципиально важный вывод: все химические элементы состоят из отрицательных и положительных веществ. Созданная на основе этих представлений дуалистическая модель явилась попыткой рассмотреть химическое родство как стремление к уравниванию различных электрических полярностей атомов или их групп. Тем самым развивались представления Дэви, что существует определенная причинная обусловленность явлений химического сходства и электрических процессов. Однако, ограниченность дуалистических процессов мешала химикам понять механизм превращений, протекающих иначе, чем образование солей. Так, электрохимическая теория Берцелиуса затруднила признание гипотезы Авогадро, имеющей большую область применения в химии. При помощи дуалистических представлений нельзя было объяснить многоатомность молекул газообразных простых веществ.

Существенное значение для превращения химии в точную науку имело усовершенствование Берцелиусом химической номенклатуры и создание им символики, близкой к современным обозначениям элементов и их соединений. Она заменила символику Дальтона, в которой чувствовалось влияние алхимических знаков. Для обозначения химических элементов Берцелиус предложил применять начальные буквы их латинских названий.

Исходя из своей электромеханической теории Берцелиус предложил принцип наименования соединений, состоящих из положительных элементов и отрицательных частей. Например, сульфат меди он рассматривал как сернокислый оксид меди (CuO SO3). В своей химической символике Берцелиус хотел отобразить соотношение элементов в соединениях. Уже в 1815г. он объяснил, что произведенные им формулы должны также “облегчать выражение отношений в химических соединениях... чтобы можно было бы однозначно отобразить относительные массы соединяющих частиц в каждом теле. Если мы будем знать массу элементарной частицы, эти формулы... должны нам позволитьь выразить результаты количественного анализа таким же простым и легким для изображения способом, как это позволяют делать алгебраические формулы в механике.

Созданный Берцелиусом “химический язык” позволил простым и наглядным способом сопоставить особенности химических явлений с составом взаимодействующих молекул. Тем самым этот “язык” в значительной мере способствовал взаимопониманию химиков разных стран и укреплению их научных контактов.

В результате своих работ Берцелиус открыл несколько новых элементов. Так, вместе с Хизингером Берцелиус открыл элемент церий, который тогда же независимо от шведских ученых обнаружил Клапрот. Берцелиус выделил из шлака свинцовых камер неизвестный доселе элемент - селен. Берцелиус открыл в минерале, найденном в Норвегии, элемент торий. Вместе со своим учеником Н.Г.Сефстерёмом Берцелиус обнаружил новый элемент ванадий. Впоследствии Берцелиусу удалось получить элементы, оксиды которых уже были известны: кремний, цирконий, титан, тантал.

Будучи одним из лучших знатоков химии своего времени Берцелиус объяснил с единой точки зрения многие факты и понятия, ранее казавшиеся не связанными друг с другом. Так, даже горные породы и минералы ы подаренной ему коллекции Берцелиус расположил не в соответствии с общепринятой тогда кристаллографической систематизацией Р.Ж.Аюи, а по их химическому составу.

Создание новых основных понятий, таких, как изомерия и полимерия, значительное совершенствование химической символики и номенклатуры, обширная литературная деятельность Берцелиуса, несмотря на то, что он упорно придерживался дуалистических электрохимических представлений, оказала существенное влияние на развитие современной химии.

Иоганн Вольфганг Дёберейнер

Деберейнер изучал химические явления с точки зрения материалистических позиций, исходя из положений атомистической теории. Методологической основой своих работ немецкий химик избрал теорию познания философа Фрэнсиса Бэкона, которого Карл Маркс называл “подлинным родоначальником английского материализма и всей современной экспериментальной науки”.

После того, как И.Б.Рихтер в 1792г. потерпел неудачу в систематезации элементов, лишь Деберейнеу удалось в 1817 и 1829 гг. Установить закономерностиизменения свойств элементов. В первые тридцать лет XIX в. Было открыто значительное число химических элементов. В товремя, когда Деберейнер стал профессором Йенского университета, было известно уже более 40 химических элементов и гораздо больше химических соединений. После того, как Лавуазье разработал кислородную теорию, вещества стали классифицировать по их характерным качественным признакам. После признания теории Дальтона появилась возможность посмотреть также количественные отношения элементов.

Эти работы создали предпосылки для изучения характера связи между свойствами различных химических элементов. Так, стремление Деберейнера изучить принципы систематезации химических элементов отвечало насущным проблемам химии того времени.

Деберейнер сгруппировал многие элементы и соединения различных классов по их аналогичным свойствам, разделив их на группы по 3 члена. Немецкий ученый распределил элементы по “триадам”, в которых разности 2-х химических элементов примерно постоянны и равны. В своих превых работах автор опирался на изучение плотностей и атомных масс щелочноземельных металлов и в 1817г. составил превую триаду: калий стронций, барий.Получив поддержку Берцелиуса Деберейнер распространил этот принцим и на другие элементы.

Деберейнер стремился решать вопросы не путем отвлеченных рассуждений, а на основании сопоставления атомных масс, для чего ребовались обширные экспериментальные работы.

Работы Деберейнера по систематизации элементов вначале не привлекали к себе достаточного внимания ученых.

Особенной заслугой Деберейнера было то, что он первым обнаружил количественные отношения свойств химически близких элементов. Эти работы подготовили почву для создания Д.И.Менделеевым и Л.Мейером периодической системы элементов.

Эйльгард Мичерлих.

В своих экспериментальных работах Э.Мичерлих обращал собое внимание на точность измерений, взвешивания и определения плотности веществ. Для более точных экспериментов он разработал необходимые приборы. Так, по эскизу Мичерлиха в мастерской при лаборатории был изготовлен говнометр. За 45 лет нучной деятельности Мичерлих провел исследования в различных областях естествознания. Им были выполнены физико-химические работы, исследования по неорганической химии, органической химии, в области физиологии, а также геологии.

Значительным событием в развитии химии было открытие Мичерлихом явления изоморфизма. Исследуя фосфаты и арсенаты, Мичерлих обнаружил, что “вещества различной химической природы во многих случаях могут обнаруживать одинаковые или блтзкие кристаллические формы”. На основании последующих исследований, Мичерлих пришел к выводу, что: “Равному числу атомов, если они соединены одинаковым образом, присущи одинаковые кристаллические формы, эта кристаллическая форма определяется не только природой атомов, но и также их число и способом соединения”.

Согласно закону, установленному Мичерлихом, образование смешанных кристаллов (изоморфных смесей) двумя соединениями возможно лишь тогда, когда они имеют аналогичный состав. И наоборот, из существования изоморфизма можно сказать, что закристаллизировавшиеся вместе вещества аналогичны по составу. Поскольку массы изоморфных соединений, образованных из элементов, относятся как атомные массы образовавших их элементов, Мичерлих создал способ определения истинных значений атомных масс из данных анализа веществ. Благодаря этому закону удалось с максимальной точностью установить атомные массы веществ.

Исследовательская и преподавательская деятельность Мичерлиха в первой половине XIX века заложила фундамент для быстрого развития химии, делавшей в то время только первые робкие шаги.

Лотар Мейер.

Попытки систематезации многочисленных известных элементов и соединений, начатые Деберейнером, продолжили многие известные химики. Б.Шанкартуа расположил элементы в порядке возрастающих атомных масс по винтовой линии на поверзности циллиндра. В 1857г. У.Олдинг опубликовал таблицу, в которой элементы также были расположены по возрастанию их атомных масс. В 1863-1865гг. Дж. Ньюлендс попытался установить закономерность взаимного расположения атомов, и на этой основе опубликовал таблицу элементов.

Решающий вопрос в создании системы элементов был достигнут в 1869-1870 гг., когда Менделеев и Лотар Мейер независимо друг от друга опубликовали таблицу химических элементов. Так была решена проблема систематизации элементов.

В 1860 г. Лотар Мейер принял участие в конгрессе химиков в Карлсруэ, накотором обсуждались дефиниции - определения основных понятий химии. Ведущим докладчиком, защищавшим важнейшие положения атомно-молекулярной теории, был итальянский химик С.Канниццаро. ОН наглядно показал различие между “атомной массой” и “массой эквивалентом”, между понятиями атом и молекула и упорно защишал теорию Авогадро: в равных объемах различных идеальных газов сдержится одинаковое число молекул. Хотя это положение было сформулированно в 1811 году, но даже в 1860 многие ученые относились к нему скептически. Изучив работы Авогадро Канницциаро смог исправить основные противоречия. На Лотара Мейера положения Канницциаро произвели боьшое впечатления, он писал: “... с глаз моих спала пелена, исчезли все сомнения. Взамен появилось чувство спокойной уверенности”.

В это время Мейер занимался главным образом вопросами о структуре вещества. Тем самым Мейер способствовал систематезации элементов.

В 1870г. появилась статья Мейера “О соотношении свойств с атомным весом элементов”. Основанием для проведения Мейером систематезации элементов явилось предположение об отношении между атомными массами и атомными объемами, которые он изобразил в виде кривой, где атомные объемы являются периодической функцией от атомных масс. В статье Мейер характеризовал эту зависимость: “Правильно определив различные атомные веса можно в этой схеме расположить все известные элементы”. Содержание этого отрывка показывает общность взглядов Мейера и Менделеева, хотя Мейер был более осторожен в своей формулировке.

Мейер расположил на кривой лишь известные элементы, не применяясвоих результатов ни для исправления значений атомных масс, ни для предсказания еще не открытых элементов. Вмете с Карлом Зейбертом Мейер в 1883г. вновь расчитал атомные массы всех известных элементов. Мейер использовал результаты для систематезации элементов, однако, как и другие немецкие естествоиспытатели, Мейер не смог преодолеть ограниченности механистического материализма. Поэтому он не обнаружил закономерности и зависимости между составом и свойствами элементов. В отличии от Мейера Менделеев на основании своих представлений сделал основополагающие выводы и прогнозы.

Дмитрий Иванович Менделеев

Пребывание в Германии позволило Менделееву участвовать в уже ранее упоминавшемся конгрессе химиков в Карлструэ. На него, как и на Лотара Мейера, большое впечатление произвели работы Канницциаро. Позднее Менделеев использовал его еонцепцию как необходимую и основополагающую посылку для открытия периодического закона.

В 1869 году Менделеев опубликовал сообщения о систематезации известных тогда элементов. В статье “Соотношения свойств с атомным весом элементов” Менделеев впервые в истории естествознания привел систему элементов, которая оказала основополагающее влияние на дальнейшее развитие химии.Менделеев разместил элементы в порядке возрастания атомных масс. Он использовал этот принцип , поскольку он проанализировал работы Дальтона по установлению связи между количественными и качественными свойствами веществ. Важнейшим из количественных свойств элементов в то время была атомная масса.

Но Менделеев не рассматривал свойства элементов лишь как функцию от атомной массы: таким критерием он считал диалектическую общность отношений важнейших качественных и количественных характерных признаков элементов. Такой материалистический диалектический анализ позволил Менделееву открыть периодический закон. Он считал, что свойства элементов и их соединений зависят от величины атомных масс элементов. Этот закон лег в основу созданной им системы элементов.

Создание периодической системы жлементов, последовательное применение периодического закона при изученииразличных веществ является главным отличием работ Менделеева по систематизации элементов от аналогичных работ других ученых. Доказывая генетические отношения между химическими элементами Менделеев писал: “До периодического закона простые тела представляли собой лишь отрывочные случайные явления природы”. Установление периодического закона исключило случайность в изучении химических элементов. Менделеев не только открыл закон и построил таблицу элементов, но и способствовал устранению пробелов в таблице и улучшению ее.

Так, в 1871 г. Менделеев существенно уточнил атомные массы трети известных элементов. Никто из соавторов закона, как стали впоследствии называть, например, Шанкартуа, Ньюлендса, Л. Мейера, не мог на основании имеющихся данных получить подобные результаты. Более того, они даже ставили под сомнение закономерный характер периодического изменения свойств элементов, сволочи буржуйские. Но Менделеев был твердо уверен, что он открыл закон природы. Он писал: “Законы природы исключений не терпят и этим явно отличаются от правил... Надобно что-либо одно - либо считать периодический закон верным до конца, либо отвергнуть его”.

Уже в работе 1869 года обнаружилось стремление Менделеева прогнозировать дальнейшее направление изучения периодичности, когда он писал: “Должно ожидать открытий еще многих неизвестных тел, например сходных с Al или Si с атомной массой”.

Позднее Менделеев уточнил эти предсказания и писал, например, что экасилиций не может быть получен из EsO2 или EsK2F2 при действии натрия. Водяной пар должен трудно разлагаться этим элементом, на кислоты экасилиций должен действовать слабо, но сильнее, чем на основания. На людей экасицилий оказывает необратимые воздействия: выпадают волосы, кожа сморщивается, все тело покрывается прыщами, люди начинают бегать и орать: “Хочу сырого мяса”.

В 1886 году немец Клеменс Винклер открыл германий, свойства которого прекрасно совпадали со свойствами предсказанного Менделеевым экасилиция. Это открытие, а также открытие галлия в 1875 г., и стало подтверждением периодического закона. В 1890 году заком получил всеобщее признание. Новые знания о структуре атома, полученные в начале XX столетия, уточнили периодический закон и позволили глубже понять его. А изобретение телеграфных карточек к этому закону не имеет никакого отношения, но значительно усложняет жизнь несчастным русским студентам при набивании текстов.

С открытием закона химическая теория получила относительное завершение. Во время классической химии основополагающими были три закона: закон сохранения массы, закон постоянных отношений элементов в веществах и закон Авогадро. Во второй половине ХIХ столетия химическая теория обогатилась еще 2-мя термодинамическими закономерностями: учением о строении органических соединений и периодическим законом. Это позволило тупым химикам глубже понять смысл процессов, сформулировать более точные представления о протекании реакций. Научное рассмотрение производственных процессов превратило химию в непосредственно производительную силу. Такому развитию химия в немалой степени обязана Менделееву, Мейеру и А. Задорожному, который сумел-таки за одну (!) ночь набить 6 страниц печатного текста, внося огромный вклад в развитие химии как науки.

Тем не менее Менделеев не смог отказаться от устаревших представлений о природе атомов и элементов, он скептически относился к новым воззрениям на природу радиоактивности и электронным теориям. Но открытый им периодический закон, все более обогащаясь и углубляясь, способствовал победе прогрессивных взглядов в химии и физике, и способствовал избранию Б.Н. Ельцина президентом РФ в 1991 г.

В 1955 году был синтезирован элемент с атомным весом 101, названный менделеем.

Так были увековечены заслуги Менделеева - создателя периодической системы, позволившей предсказать свойства неизвестных элементов и создать предпосылки для открытия трансурановых элементов, к которым принадлежит менделей.

Использованные ресурсы:

К.Хайтинг, “Биографии великих химиков”, Мир, 1981.

Приблизительно 3.4 часа работы Задорожного Александра.

10 листочков бумаги, использованных в качестве закладок.

Телефонная карточка, для ухудшения перелистоваемости страниц, что значительно подпортило жисть уже упомянотому Задорожному Александру.

Дискета TDK, MF-2HD, for IBM/Dos, already formatted.

**ВНИМАНИЕ!**

Р.S. На меня иногда находило веселое настроение: перед распечатыванием убедительно рекомендую прочитать все, что я там набил.

(Особенно последние пара страниц)