

Дмитрий Иванович Менделеев и его периодический закон

*Д.И.Мычко, кандидат химических наук,
доцент кафедры неорганической химии БГУ*



27 января исполнилось 170 лет со дня рождения Дмитрия Ивановича Менделеева, а 1 марта — 135 лет периодическому закону.

Трудно назвать имя ученого, которое было бы более известно, чем имя Дмитрия Ивановича Менделеева. В истории Науки оно связано прежде всего с одним из величайших открытий в области естествознания — периодическим законом химических элементов. Однако работы по открытию и разработке периодического закона составляют лишь небольшую часть творческого наследия ученого. Его по праву можно назвать ученым-энциклопедистом. Гений Менделеева коснулся самых разных областей знания, оставив в каждой из них основательные и оригинальные труды, будь то физика, химия, метеорология, метрология, различные направления техники (кораблестроение, воздухоплавание, пороходелие), отрасли развивающейся русской промышленности и сельского хозяйства (нефтяная и химическая, каменноугольная и металлургическая и др.), экономика, просвещение, философия, социология. По широте своих интересов и колоссальному количеству сделанного его можно сравнить, пожалуй, с универсальными гениями античности.

Человек-легенда

Дмитрий Иванович Менделеев родился 27 января 1834 г. в г. Тобольске. Он был семнадцатым ребенком Марии Дмитриевны и Ивана Павловича — директора Тобольской гимназии. Из семнадцати детей, рожденных Марией Дмитриевной, многие умерли во младенчестве и ко времени рождения Дмитрия в семье было два брата и пять сестер. Они всю жизнь сохраняли тесные связи, оказывали друг другу взаимную помощь.

Его жизненный путь начался нелегко. В год его рождения ослеп отец и все заботы о многочисленном семействе легли

на плечи матери. Семья переехала в село недалеко от Тобольска, где Мария Дмитриевна стала управлять небольшим стекольным заводом, выпускающим аптекарскую посуду.

Успехи Дмитрия Ивановича в школьные годы были средними. Позже он отмечал: «Школьные успехи ничего не предвещают. Я замечал, что «первые ученики» обыкновенно в жизни ничего не достигали: они были слишком несамостоятельны. Когда я учился в средней школе, я был всегда в хвосте. Меня переводили из класса в класс из снисходитель-

ности к отцу-педагогу. По всей вероятности, теперешнюю школу с ее формалистикой я так бы и не кончил. Правда, я был моложе сверстников по классу, но главное все-таки было в том, что я не желал подчиняться чужой указке и развивался самостоятельно. Я в этом никогда не раскаивался». Значительное влияние на формирование характера Д.И.Менделеева оказала его мать. Не получив никакого специального образования, но в силу своих врожденных способностей она самостоятельно освоила курс гимназии. Несмотря на нелегкую судьбу, тяжелое материальное положение, частые болезни и смерти детей, она сумела сохранить силу духа и привить своим детям чувство оптимизма, настойчивость в преодолении жизненных препятствий, любовь к труду. Ее наставления остались в сознании Дмитрия Ивановича непреложными истинами. Многие из них он использовал в своем напутствии детям: «Приобретайте главное богатство — умение себя побеждать. Берегитесь больше всего своих же гордых мыслей — помните, что мысль, кажущаяся столь свободной, не больше как раб прошлого, совершенно такое же естественное произведение, как волос или лист... Гордитесь только тем, что сделано для других, но не кичитесь и этим, гордитесь внутри себя...»

Гимназию Менделеев окончил в 1849 г. и Мария Дмитриевна повезла его в Москву, чтобы определить в Московский университет. Трудность состояла в том, что по существующим тогда правилам Менделеев мог поступать только в Казанский университет, так как Тобольская гимназия относилась к Казанскому учебному округу. Мария Дмитриевна, однако, надеялась на помощь своего брата В.Д.Корнильева, дом которого в ту пору был средоточием литературной и научной интеллигенции Москвы. Однако, несмотря на хлопоты дяди и его друзей, получить разрешение на поступление Дмитрия Ивановича в Московский университет не удалось. Но Мария Дмитриевна была непреклонна в своем решении дать высшее образование своему сыну и весной 1850 г. повезла его в Петербург, где были ее земляки и однокурсники отца Менделеева (сам отец умер, когда Дмитрий Иванович учился в гимназии). Марии Дмитриевне стоило больших трудов, чтобы ее сына допустили к вступительным экзаменам в Главный педаго-

гический институт (ГПИ), поскольку 1850 г. был неприемным. В отчете инспектора ГПИ приводятся следующие результаты вступительных экзаменов Дмитрия Менделеева: по русскому языку — 4, математике — 3, физике — 3. В конце лета 1850 г. Менделеев был зачислен казеннокоштным студентом на физико-математический факультет ГПИ.

Первые годы, проведенные в ГПИ, были для Менделеева очень тяжелыми. Осенью 1850 г. скончалась мать, а через полтора года умерла от чахотки приехавшая вместе с ним сестра. В 1851 г. скончался дядя В.Д.Корнильев, материально помогавший семье. Ввиду того, что Дмитрий Иванович много трудился и почти не отдыхал, состояние здоровья его также сильно ухудшилось. Врачи предполагали развитие у него туберкулеза. Дмитрий Иванович рассказывал, что в самый тяжелый период своей болезни он случайно слышал, как институтский доктор приговорил его к смерти. Обходя вместе с директором свой лазарет, доктор остановился недалеко от кровати Менделеева и другого студента и, думая, что они спят, сказал директору: «Ну, эти двое не встанут». Действительно, один студент умер, не окончив курса, но Дмитрий Иванович настолько поправился, что мог не только продолжать занятия, но даже работать самым отличным образом.

Свое увлечение наукой Менделеев начал с ботаники и зоологии. Здесь он выполнил первую исследовательскую работу «Опыт исследования о грызунах Петербургской губернии», занимался сбором растений для гербария. По-видимому, это первое детальное знакомство с методами систематики животных и растений позволило сформировать и укрепить в нем навыки систематической работы по сбору и детальному сопоставлению большого количества отдельных фактов. Но увлечение биологическими науками скоро прошло. Его более привлекала экспериментальная работа, а ум искал возможности построения дедуктивных теорий. Своего рода переходным звеном между биологией и химией оказалось увлечение минералогией. Именно на минералогическом материале Менделеев серьезно познакомился с практикой химического эксперимента, проводя анализы минералов.

Этому он посвятил свою первую крупную научную работу — представленную при окончании курса ГПИ (1855) кандидатскую диссертацию «Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к составу», тему которой нашел сам и в которой сумел увидеть большую естественно-научную проблему.

Начиная обучение в ГПИ средним студентом (на первом курсе по математике он даже получил 2), Менделев закончил институт с золотой медалью. Несмотря на возможность остаться работать в институте, он не смог воспользоваться ею по состоянию здоровья. Петербургский климат был для него, сибиряка, непривычен и вреден. Министерство народного просвещения дало ему предписание ехать в Симферополь. Прибыв на место работы, Менделеев не мог приступить к работе, так как шла Крымская война 1853—1856 годов и гимназия была закрыта. Поэтому из Симферополя он переехал в Одессу, где был назначен старшим учителем математики и физики в гимназии при Ришельевском лицее, а через месяц его перевели на должность старшего учителя естественных наук.

Теплый климат благоприятно сказался на состоянии здоровья Дмитрия Ивановича, и он смог подготовиться к магистерскому экзамену, а также закончить работу над магистерской диссертацией на тему «Удельные объемы», которая была логическим продолжением его кандидатской диссертации. По существу в этой работе он впервые в мировой научной литературе вывел формулу расчета молекулярного веса газа, исходя из величины относительной плотности по водороду. Эта диссертация послужила основой и для второй диссертации «На право чтения лекций». В результате успешных защит молодой ученый (23 года!) получил возможность остаться в Петербурге и занять место приват-доцента (внештатного, т.е. на правах совместителя) в Петербургском императорском университете. А.А.Воскресенский поручает ему чтение теоретической и исторической части курса химии, а также ведение практических занятий со студентами. Будучи внештатным доцентом, Менделеев не имел возможности развернуть значительные экспериментальные работы. В то же время, нуждаясь в заработке, он преподавал в

других учебных заведениях.

В январе 1859 г. по решению Совета физико-математического факультета Петербургского университета Менделеев выехал за границу с целью «усовершенствования в науках». После месяца, проведенного в поездках по разным городам, он остановил свой выбор на Гейдельберге. Выделенных на командировку денег вполне хватило для того, чтобы он смог организовать собственную химическую лабораторию. Здесь им была выполнена работа, приведшая к открытию «абсолютной температуры кипения». Позднее, после работ Т.Эндрюса, в науке утвердился другой термин — «критическая температура кипения», однако приоритет Менделеева в установлении этого важного явления представляется несомненным.

Одним из самых ярких событий стажировки можно считать его участие в Первом международном конгрессе химиков, состоявшемся в сентябре 1860 г. в Карлсруэ. Значение этого конгресса в истории химии трудно переоценить. На нем была впервые принята единая система атомных весов, определены понятия молекулы, атома и эквивалента. Пребывание за границей было полезно еще и тем, что здесь Менделеев познакомился со многими учеными Германии (Р.Бунзен, А.Кекуле), Франции (Ж.Дюма, Ш.Вюрц), Италии (С.Канницаро), Англии (Г.Роско), установил деловые связи с торговыми фирмами и мастерскими. Здесь же он сблизился со своими соотечественниками Н.Н.Бекетовым, И.М.Сеченовым, С.П.Боткиным и А.П.Бородиным, также проходившими стажировку.

Вернувшись в феврале 1861 г. в Петербург, Менделеев не смог сразу получить место преподавателя и оказался в очень стесненном материальном положении. Его чуть было не определили преподавателем в Горы-Горецкий земледельческий институт (ныне Белорусская сельхозакадемия). Однако судьба хранила Дмитрия Ивановича для более важных дел. От издательства «Общественная польза» ему поступило предложение написать учебник по органической химии и подготовить техническую энциклопедию.

«Органическая химия» была написана Менделеевым, когда ему исполнилось 27 лет. По своему содержанию этот

учебник оказался таким целостным, что, как вспоминали современники, начав его читать, трудно было от него оторваться. Этот факт Менделеев объяснял тем, что он подготовил учебник в короткое время. Вообще, он был противником «гигиенического» распределения занятий и утверждал, что только при односторонних, непрерывных и упорных усилиях, направленных к одной цели, возможно создать что-либо ценное. По ясности и простоте изложения учебник не имел себе подобного в Европе. Достоинство его тогда было оценено всеми, и он был отмечен первой Демидовской премией Петербургской Академии Наук. Полученных денег оказалось достаточно, чтобы после венчания Дмитрия Ивановича с Фиозвой Никитичной Лещевой они смогли отправиться в свадебное путешествие за границу (Германия, Англия, Франция, Швейцария и Италия). В январе 1864 г. Менделеева утвердили в должности профессора химии Технологического института и штатного доцента Петербургского университета.

Профессорско-преподавательский состав естественного отделения физико-математического факультета Петербургского университета того времени был блестящим. Вместе с Менделеевым преподавали Меншуткин, Бекетов, Докучаев, Вагнер, Сеченов, Бутлеров, Коновалов и др. ученые, оставившие глубокий след в развитии естествознания. В то же время, материальное обеспечение научного и учебного процесса было прямо-таки нищенским. Сохранилась записка Менделеева, Меншуткина и Бутлерова в Совет университета о необходимости увеличения средств на финансирование лаборатории: «...пока у нас не появится своих научных центров, пока для изучения практики дела у нас будут отпускаться недостаточные средства на лаборатории, пока нам будет нужно ездить для того за границу, до тех пор не только государство не будет гарантировано достаточным числом специалистов, но и не образуются самостоятельные научные школы, не будет и верного, постоянного, прогрессивного научного движения».

Лекции Дмитрия Ивановича, по воспоминаниям слушателей, не отличались

внешней красотой и горячим энтузиазмом. Он не был красноречив. Однако студенческая аудитория была всегда переполнена, и прослушать лекции Менделеева считали своим долгом даже студенты юридического факультета. К Дмитрию Ивановичу шли потому, что его лекции были творческим процессом. На них Менделеев думал вслух и нередко решал научные задачи. Он передавал ученикам свое умение наблюдать и мыслить, чего не дает ни одна книга. Менделеев поражал студентов обширностью своих знаний. Лекции оживлялись частыми отступлениями в области других наук: физики, астрономии, биологии, геологии, в область приложения химии и др. За этим богатым содержанием не замечались шероховатости изложения.

Менделеев не был сторонником непрерывного контроля за успеваемостью студентов. Он выступал за отмену частных экзаменов. Однако выдержать экзамен у него было нелегко. По воспоминаниям академика В.Е.Тищенко, когда Дмитрий Иванович приходил на экзамен, то прежде всего внимательно и остро окидывал взглядом студентов, точно в душу заглядывал, и потом уже начинал спрашивать. Часто экзаменовал он вместе с Бутлеровым. Менделеев экзаменовал быстро, нервно: посмотрит, что написано, даст несколько вопросов из разных частей курса, чтобы нащупать, насколько осознанно он освоен, и решительно ставит отметку. При этом отметку Дмитрий Иванович ставил, как он сам говорил, не за знания по памяти, а за понимание и за способности. Бутлеров вел экзамен спокойно, позволял экзаменуемому подумать, давая наводящие вопросы, хотя отметки ставил не очень щедро. Уверенные в себе шли к Менделееву, хотя сплошь и рядом ошибались в самооценке, более робкие теснились к Бутлерову. Поэтому к Бутлерову выстраивалась длинная очередь, а к Менделееву решались идти одиночки, да и тем он ставил двойки. Говорят, что Менделееву принадлежат слова: «На «5» химию знает только Бог. Я знаю химию на «4», а студент больше, чем на «3» химию знать не может».

В лаборатории, делая разъяснения и за-

мечания студентам, Дмитрий Иванович был подчас раздражен и отпускал фразы, вроде того, что «ни одна кухарка не работает так грязно, как вы». Но это не портило его отношений с окружающими. Важен был смысл сказанного, а не форма. Его ученики позже вспоминали, что он научил их работать в лаборатории так чисто и аккуратно, как никто ни до, ни после него не работал.

Дмитрий Иванович был человеком с мужественным и неустрашимым характером, всецело преданным делу науки и стремлению к истине, ради которой был способен на геройские подвиги, даже с опасностью для своей жизни. Это с особенной яркостью проявилось в его знаменитом полете на воздушном шаре во время солнечного затмения в 1887 г. Подняться на воздушном шаре было решено для изучения свечения солнечной короны в верхних слоях атмосферы. Первоначально предполагалось, что полет Менделеева будет сопровождать пилот-аэронавт. Однако ввиду плохой погоды (накануне шел сильный дождь) шар намок и оказался не в состоянии поднять двух человек. Поэтому по настоянию ученого пилот покинул корзину и Менделеев совершил полет один. В своих записках о полете Дмитрий Иванович писал: «...Немалую роль в моем решении играло... то соображение, что о нас, профессорах и, вообще, ученых, обыкновенно думают повсюду, что мы говорим, советуем, но практическим делом владеть не умеем, что и нам, как щедринским генералам, всегда нужен мужик для того, чтобы делать дело, а иначе у нас все из рук валится. Мне хотелось продемонстрировать, что это мнение, быть может, справедливо в каких-то других отношениях, несправедливо в отношении к естествоиспытателям, которые всю жизнь проводят в лаборатории, на экскурсиях и, вообще, в исследованиях природы». А полет, действительно, был очень рискованным поступком, и Менделеев понимал это, иначе не оставил бы накануне завещание «на случай смерти».

Всякое свое увлечение Менделеев доводил до логического завершения. Так, развивая работу по поиску обоснования периодического закона, он занялся изу-

чением «мирового эфира». Как полагали в конце XIX в., «мировой эфир» заполнял межпланетное пространство и как бы являлся средой, передающей свет, тепло и гравитацию. По мнению Менделеева, одним из возможных способов доказательства существования «эфира» могло быть исследование сильно разреженных газов. В этих условиях свойства «обычного» вещества перестали бы маскировать свойства «эфира». Результатом увлечения этой идеей явился вывод обобщенного уравнения состояния идеального газа (уравнение Клапейрона—Менделеева). Ученый ввел в него универсальную газовую постоянную. По мере развития этой работы Менделеев «увлекся» геофизикой и метеорологией, что дало практический результат: был создан прибор — дифференциальный барометр, который выпускался серийно для непрерывного контроля атмосферного давления.

В одну из своих поездок за границу Менделеев заинтересовался репродукциями известных картин, которых со временем он собрал около 2300 и со свойственной ему привычкой к систематизации расположил их в 24 альбомах, все их пронумеровал, а также составил полную опись своей коллекции. Собираание репродукций постепенно переросло в увлечение живописью, и вскоре на квартире Менделеева начались собрания известных русских художников и ученых, получившие названия «Менделеевские среды». Тут часто бывали Крамской, Репин, Васнецовы, Суриков, Шишкин. Куинджи и другие художники. Соприкосновение с искусством было для него не просто отдыхом, а своеобразным стимулом, в нем он находил поддержку для своих идей как естествоиспытатель. Вероятно, это способствовало формированию предложенного им нового подхода к процессу познания — этической гносеологии, основанной на необходимости учета этической нагруженности знания.

В начале 1881 г. на фоне глубокого душевного кризиса, связанного с непризнанием его приоритета в открытии периодического закона, избрания его академиком, произошло и серьезное разочарование в личной жизни из-за отсутствия понимания и поддержки со стороны жены,

которая никогда не разделяла разнообразных интересов своего мужа. В этот же период у Менделеева зародилось большее чувство к Анне Ивановне Поповой, подруге его племянницы, бывавшей в его доме. Анна Попова была на 24 года моложе Менделеева, училась в консерватории и посещала школу рисования при Академии художеств. Предчувствуя, что может стать причиной разлада в семье, она в конце 1880 г. уехала в Италию. В начале 1881 г. Менделеев также уехал для лечения за границу, там сблизился с Анной Ивановной и в конце 1881 г. у них родилась дочь Люба, впоследствии ставшая женой А.Блока. Всего у них было четверо детей. Менделеев развелся с Фиозвой Никитичной и, не имея права (по церковному уставу) на женитьбу в течение семи лет, уговорил священника обвенчать его с Анной Ивановной в апреле 1882 г.

Отличительным свойством Дмитрия Ивановича было всецело отдаваться делу, которым он был занят в данный момент, даже забывая о сне. В то время профессора университета имели квартиры в самом здании университета и Менделеев мог среди ночи в своем лабораторном кабинете заниматься экспериментом. Экспериментатор он был отменный и иногда так увлекался, что не спал по несколько ночей. После этого тут же в кабинете валился спать на сутки. Его сон «охранял» лаборант, которому по утрам, если лекция начиналась в 9 часов и если к ней Дмитрий Иванович опаздывал, вменялось в обязанность в 9.05 будить ученого, который одеваясь на ходу интересовался чем остановился в предыдущей лекции.

Уставший Менделеев спал крепким сном. Как-то в поезде он уснул. В это время в их вагоне случился пожар и, естественно, было много шума. Однако проснулся он, когда уже все было закончено. По-видимому, ввиду присущего Менделееву богатырского сна и родилась легенда о приснившейся ему периодической системе.

Образ Менделеева не укладывается в какие-то определенные рамки. Придерживаясь материалистических взглядов, он не отрицал Бога. Борясь со спиритизмом (в который верил А.М.Бутлеров) в некоторой степени оставался суеверным челове-

ком: никогда не дарил детям перочинных ножииков, требуя за них «уплатить». Сделав новаторский переворот в науке, скептически относился к новаторству других: не принимал теории электролитической диссоциации, стереохимии. Пренебрежение к усталости во время работы, частые изнурительные и опасные поездки сочетались в нем с педантичностью к своему здоровью. В своей дорожной сумке, которую брал, даже отправляясь на дачу, он имел набор всевозможных лекарств, а зимой на открытом воздухе он ни с кем не разговаривал, боясь простудиться. Разносторонность в делах и интересах сочеталась в нем с удивительным постоянством в привычках. У него был постоянный портной, сапожник, переплетчик, типография и т.д. В домашней обстановке он неизменно носил одинакового покроя одежду. Нося длинные волосы, бороду, усы и бакенбарды, он стригся один раз в год — только весной, когда, как он говорил, линяют животные. Даже когда его пригласили на прием в Зимний Дворец, он не изменил этой традиции.

Будучи человеком энергичным, общительным, имеющим множество друзей как среди ученых, так и среди государственных деятелей, Менделеев оставался крайне независимым во взглядах. Когда в 1890 г. министр просвещения отказался принять от него петицию с протестом студентов, касающимся реформы образования, Дмитрий Иванович подал в отставку и ушел из университета. Так было и при оплате его труда. Хотя он постоянно привлекался в силу своей эрудиции к выполнению большого числа экспертиз, научных консультаций, сам жил очень скромно и при этом постоянно нуждался в деньгах, так как помогал всем своим детям, а также многочисленным племянникам. В то время профессор, выслуживший как Менделеев 35 лет, получал в год 3000 рублей пенсии и 1200 рублей добавочных, если читал лекции. Тогда как известные английские химики получали, например: Дьюар — 37 тыс. фунтов (70 000 руб.), а Роско — в общей сложности 300 000 руб. в год. Казалось, что в такой обстановке Менделеев должен был воспользоваться предложениями промышленников, которые высоко ценили его знания в организации добычи и использовании полезных

ископаемых. Но Дмитрий Иванович отказывался от подобных предложений, чтобы оставаться вполне свободным в своих суждениях и действиях. Он говорил: «Много дадут и много требуют». Так было и в случае, когда его пригласили в морское ведомство для разработки бездымного пороха. Морской министр поручил чиновнику переговорить с Менделеевым и выяснить вопрос об окладе. Менделеев указал только: «Как можно меньше». Ввиду же некоторого смущения чиновника, спросил: «Ну, хорошо, а как у вас получают члены технического комитета?» — «Они как генералы получают по 2000 руб. в год». «Ну, и мне как генералу (Дмитрий Иванович был действительным Статским советником, что соответствовало генеральскому званию) — 2000 руб.». Тогда чиновник указал, что он уполномочен предложить 30 000 руб. в год. «Нет, — сказал Менделеев, — 2000! 30 000 — кабала, а 2000 — тьфу и уйду».

Поэтому с полной уверенностью можно сказать, что за работу Дмитрий Иванович брался только ввиду своего увлечения наукой и из чувства ответственности за судьбу Родины, доказывая, что развитие производительных сил страны есть первейшее практическое дело русской «образованности». И действительно, разве можно думать иначе, когда узнаешь, что в 1899 г. Менделеев отправляется в экспедицию на Урал

по словам В.Маяковского: «В грамм добыча, в год труда». То, что мы сейчас считаем датой

открытия периодического закона, т.е. 1 марта 1869 г., было всего лишь одним из рабочих моментов. В этот день Менделеев сделал наброски своего первого варианта таблицы периодической системы и назвал ее «Опытной системой элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве».

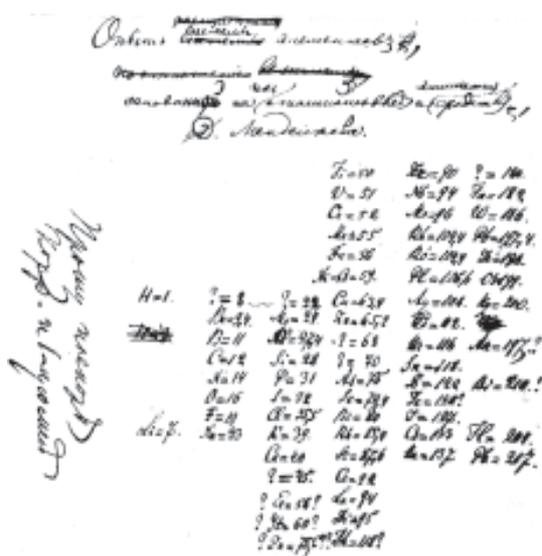
Попытки систематизации химических элементов предпринимались и до Д.И. Менделеева — И.Дёберейнер, Ж.Дюма, А.Шанкуртуа, У.Одлинг, Дж.Ньюлендс, Л.Мейер и др. Все предшествовавшие принципы систематизации основывались на случайных (единичных) признаках, имели формальный характер. Сравнению подвергались только элементы, сходные между собой (так называемые естественные группы). Менделеев увидел принцип периодического повторения свойств, объе-

для изучения возможности развития там промышленности. Для того чтобы лучше можно было оценить этот гражданский подвиг ученого, заметим, что в то время ему было уже 65 лет, а все переезды осуществлялись тогда поездом и на лошадях. В 1895 г. он ослеп, но продолжал руководить Главной Палатой мер и весов. Деловые бумаги Менделееву читали вслух, а распоряжения он диктовал секретарям. После удаления катаракты ему вернулось зрение.

Судьба Д.И.Менделеева являет собой пример жизни великого труженика. «Сами трудясь, — говорил он, — вы сделаете все и для близких и для себя, а если при труде успеха не будет, будет неудача, не беда, пробуйте еще, сохраните спокойствие, то внутреннее обладание, которое делает людей с волей, ясных и нужных другим... Живите с Богом, трудом и истиной».

Периодический закон

Непосвященному человеку может показаться, что труд ученого спокоен и далек от житейских забот, что, мол, уснул гениальный химик, приснилась ему таблица химических элементов, он проснулся, набросал ее контуры на листок бумаги, напечатал в журнале и вот уже весь мир узнает о новом законе естествознания и рукоплещет ее автору. На самом деле все гораздо сложнее и вполне созвуч-



Фотокопия листка, на котором 17 февраля 1869 г. Д.И.Менделеев набросал первый вариант периодической системы

динив в систему «несходные» элементы.

Мотивом, побудившим Менделеева к открытию, а точнее сказать, к разработке этого закона, явилась работа (зимой 1868—1869) над текстом учебника «Основы химии», который он готовил по конспектам своих лекций по общей химии. Это был больше, чем в обычном понимании учебник; он являлся сплавом идей, оригинальных выводов, глубокого анализа и философских размышлений. «Основы — мое любимое дитя. В них мой образ, мой опыт педагога и мои душевные мысли». Менделеев вынужден был систематизировать и обобщить огромный фактический материал по свойствам 63 химических элементов. Обдумывая структуру учебника, ученый пришел к выводу, что в качестве критерия, по которому можно было бы упорядочить различные по свойствам химические элементы, следует выбрать атомный вес — индивидуальную характеристику каждого элемента и в тоже время общее свойство всех элементов: «...величина атомного веса определяет природу элемента настолько же, насколько вес частицы (в современной терминологии, молекулярная масса — *авт.*) определяет свойство и многие реакции сложного тела». Так появилась первая формулировка периодического закона, или, как назвал его Д.И.Менделеев, закона периодичности: «*Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность*». В учебнике, вышедшем в 1871 г., закон был представлен уже в другой формулировке: «*Физические и химические свойства элементов, проявляющиеся в свойствах простых и сложных тел, ими образуемых, стоят в периодической зависимости (образуют периодическую функцию, как говорят в математике) от их атомного веса*». В том же году в статье для немецкого журнала он сформулировал его так: «*Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел стоят в периодической зависимости от их атомного веса*». В издании 1898 г. мы находим еще одну формулировку: «*Химические и физические свойства соединений, образуемых элементами, находятся в периоди-*

ческой зависимости от величины атомного веса элементов». В последнем прижизненном издании «Основ химии» закон периодичности представлен так: «*Свойства простых тел, а также форма и свойства соединений элементов, находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов*».

Как видим, неизменным во всех формулировках остается факт периодичности свойств элементов от величины их атомного веса, т.е. любое свойство простых и сложных тел есть функция атомного веса элементов, их образующих. В этом была особенность классификационного критерия системы Менделеева: «...мысль сличать все элементы по величине их атомного веса до того была чужда общему сознанию...». Почему именно атомный вес был выбран ученым в качестве параметра, определяющего характер, свойства химического элемента, его индивидуальность? Дело в том, как объяснял это сам Менделеев, он исходил из ньютоновских физико-механических представлений: «От массы вещества находится в прямой зависимости тяготение, притяжение на близких расстояниях и много иных явлений. Нельзя же думать, что химические силы не зависят от массы. Зависимость оказывается потому, что свойства простых и сложных тел определяются массами атомов, их образующих». Эти представления были доминирующими в научном мировоззрении того времени, они лежали в основе научной картины мира, задавали стиль научного мышления, способы постановки и подходы к решению научных проблем, или, как еще говорят, являлись парадигмой — дисциплинарной матрицей естествознания, поддерживающей его познавательные традиции. К тому же, атомный вес являлся в то время единственным количественно определяемым (измеряемым) свойством химического элемента, причем инвариантным, как и сам атом, во всех химических реакциях с участием данного химического элемента (по закону сохранения массы).

Но почему элементы связаны между собой и почему именно масса атома может задавать свойства элемента? Дать обосно-

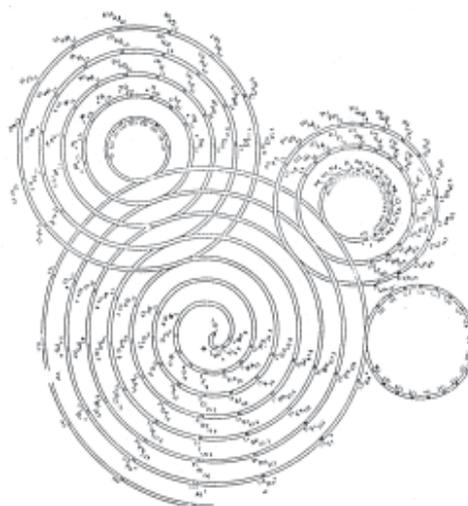
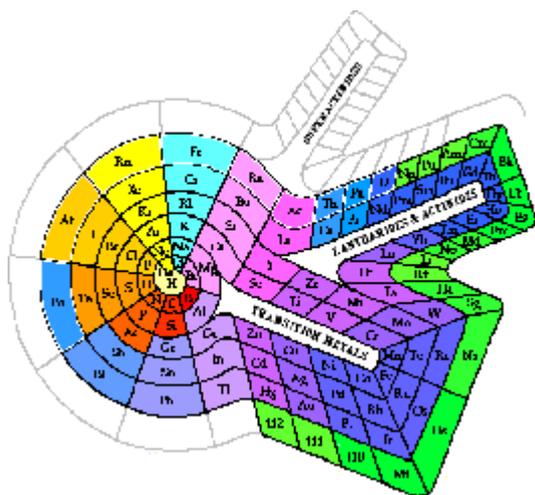
вание своему закону Менделеев не смог. Более того, со временем стало ясно, что атомы одного и того же элемента могут иметь различные массы (их назвали изотопами) и сам закон получил новую формулировку с учетом новой фундаментальной индивидуальной инвариантной характеристики химического элемента — величины заряда ядра его атомов.

Процесс развития и обоснования периодического закона, приведший к созданию теории периодической системы, историки химии условно разделили на несколько этапов. Так называемый физический этап в развитии учения о периодичности был подготовлен в конце XIX в. рядом революционных открытий: рентгеновских лучей (1895), явления радиоактивности (1896), электрона (1897), плеяды инертных (благородных) газов (1894—1898). В результате этих открытий коренным образом изменились представления о строении и свойствах материального мира. В науке утвердилась новая научная традиция (парадигма), опиравшаяся уже не на механическую, а электродинамическую картину мира. На этой основе была разработана ядерная (планетарная) модель атома (Резерфорд, 1913). Н.Бор применил к ней представления о квантованности энергетических состояниях электрона в атоме (1913). В том же году А.Ван дер Брук высказал предположение о соответствии величины заряда ядра атомов элементов их порядковым номерам в периодической системе, а Г.Мозли экспериментально это подтвердил. Стало ясно, что фундаментальной постоянной, которая определяет свойства атома, является заряд его ядра. Стала понятна физическая сущность периодического закона и физический смысл порядкового номера элемента. Это привело к пониманию, что именно водород, заряд ядра (а следовательно, и порядковый номер) которого равен 1, является первым элементов в периодической системе. Обозначились порядковые номера тех элементов, которые еще не были открыты. Было выяснено число возможных элементов в каждом периоде. Таким образом, в общих чертах была обоснована структура периодической системы. В свою очередь это привело к необходимости переформулировать периодический закон: *свой-*

ства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра их атомов, т.е. свойства элемента являются периодической функцией заряда ядра. В этом виде он сохраняется и в настоящее время. Однако по-прежнему оставались неясными глубинные причины периодического изменения свойств химических элементов. На этом этапе теория периодической системы была формальной, так как опиралась на атомные модели, которые сами по себе не были результатом строго последовательных физических представлений о последовательности формирования электронных конфигураций атомов, не позволяли предсказывать электронную структуру атомов. Закон, объясняющий и позволяющий предсказывать многое, сам еще оставался не объяснен.

Понимание пришло в результате работ Н.Бора, А.Зоммерфельда, Э.Стонера, В.Паули, Ф.Хунда и др. по изучению и интерпретации с использованием спектроскопических данных порядка формирования электронных конфигураций атомов элементов. Из этих работ стало ясно, что периодичность изменения свойств элементов возникает в связи с периодической повторяемостью сходных типов электронных конфигураций внешних энергетических уровней атомов с увеличением величины зарядов атомов. Поэтому все свойства, связанные с распределением электронов в атоме, также должны изменяться периодически. Аналогия в электронном строении атомов проявляется как аналогия химических свойств.

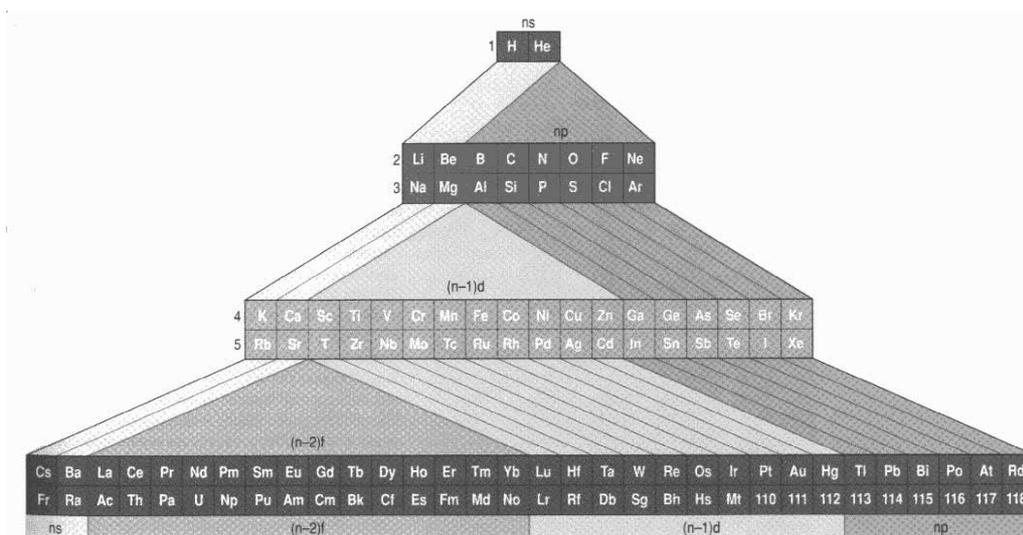
Еще более глубокое объяснение периодических закономерностей и структуры периодической системы было достигнуто на этапе развития квантовой механики и квантовой химии с использованием решения уравнения Шредингера, которое предоставляет принципиальную возможность вывода реальной схемы построения электронных конфигураций атомов. Однако возможность и сейчас все еще остается только принципиальной. В этих расчетах по-прежнему в качестве «матрицы» используют естественную классификацию химических элементов, предложенную Менделее-



Спиральные формы периодической системы

Group	1	2																	18													
Period																																
1	1 H																	2 He														
2	3 Li	4 Be													5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne												
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
4	19 K	20 Ca											21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
5	37 Rb	38 Sr											39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Uuu	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

Длиннопериодная форма периодической системы, которую можно рассматривать как графическое изображение правил заполнения электронами энергетических уровней, подуровней и атомных орбиталей



Современный вариант лестничной формы (Н.Бора) периодической системы. Линиями отмечены химические аналогии

Автор благодарен студенту химического факультета БГУ Андрею Кульше за помощь в подготовке иллюстраций

вым. Как заметил в свое время Э.Резерфорд: «Я, конечно, не берусь утверждать, что можно было бы формулировать периодический закон быстрее и легче при помощи вычислений, чем на основе опыта». В связи с этим хотелось бы обратить внимание на историко-методологическую ошибку в подходе, используемом иногда в учебном процессе, когда учащимся демонстрируется вывод периодической системы на основе правил заполнения электронами атомных орбиталей. Эти правила сами были постулированы с учетом уже существовавшей периодической системы химических элементов. Периодическая система элементов по своему внутреннему содержанию гораздо богаче чем периодическая система атомов. Необходимыми ступенями в развитии понятия о взаимосвязи элементов, по которым шел Менделеев, как отмечал Б.Н.Кедров, были: I ступень — рассмотрение индивидуальных свойств элементов (единичная), II — выявление сходства и различия свойств элементов (особенная), III — нахождение периодической зависимости в свойствах элементов (всеобщая). По этим же ступеням, если мы хотим познакомить учащихся с методом самой науки, должно развиваться и изучение периодического закона и теория строения атома.

В связи с этим хотелось бы обратить внимание и на соотношение понятий «периодический закон», «периодическая система элементов» и «таблица химических элементов» (в иностранной литературе ее часто называют «Периодическая таблица элементов»). Закон только констатирует наличие периодической повторяемости свойств у множества химических элементов, упорядоченных определенным образом (по возрастанию значения заряда ядра атомов). Периодическая система является его конкретным выражением, определяет организацию, устанавливает порядок в расположении относительно друг друга всей совокупности химических элементов в зависимости от последовательного изменения некоторого параметра (атомного веса, как у Менделеева, или величины заряда ядра, как сейчас), т.е. определяет место каждого элемента в этом их упорядоченном множестве, выделяет

группы сходных по свойствам элементов, определяет интервалы периодичности, через которые повторяются элементы-аналоги. Она является конкретным выражением периодического закона. «Место» каждого элемента в этой системе является наиболее важным представлением, на которое опирается периодическая система элементов. Оно выражает совокупность всех фундаментальных свойств данного элемента, причем не обособлено, а совокупности его связи и отношений ко всем остальным элементам, расположенным согласно периодическому закону. Система может иметь самые различные геометрические и графические выражения, но «место» каждого элемента в ней строго определено. Оно неизменно относительно всех других. «Место элемента», или, точнее сказать, его порядковый (атомный) номер, является основным отличительным признаком элемента. Таким образом, если периодический закон указывает на периодичность свойств химических элементов, то периодическая система призвана ответить на вопросы: «Какова эта периодичность?, т.е. с какой регулярностью у химических элементов, при расположении их в порядке возрастания заряда ядра атомов, периодически повторяются аналогичные свойства? Как по отношению к друг другу расположены химических элементы, упорядоченные согласно периодическому закону и собранные в группы по сходству свойств их атомов и образуемых соединений?». Таблица химических элементов — это один из способов графического представления периодической системы, это ее модель, ее иллюстрация. Система одна, а табличных представлений может быть множество. Помимо табличных вариантов существуют и другие способы моделирования периодической системы — в виде диаграмм, кривых и ломаных линий. Их опубликовано более 500 вариантов. Поэтому можно говорить об иерархии в цепочке закон-система-таблица, основополагающую роль в которой играет закон.

Признание

В нашем сознании образ Менделеева ассоциируется с лохматым и бородатым

старцем, изображаемым на отечественных таблицах периодической системы. Однако в год открытия периодического закона Дмитрию Ивановичу было всего лишь 35

лет и по современным меркам его следовало бы отнести к молодым ученым. Но несмотря на молодость, он был человеком скромным и осторожным в выводах. Поэтому Менделеев сначала даже не упоминал слово «закон» и свою систему назвал «Опыт системы элементов, основанной на их

атомном весе и химическом сходстве». Он представил на заседании Русского химического общества с докладом «О соотношении свойств с атомным весом элементов». Позже, в мае того же года, в «Журнале Русского химического общества» появилась его статья «Соотношение свойств с атомным весом элементов». И только в 1871 г. он опубликовал статью «Периодическая законность химических элементов», в которой показал применимость закона периодичности не только к систематике элементов, но и к определению атомных весов малоисследованных элементов, определению свойств неоткрытых еще элементов, к исправлению (уточнению) атомных весов известных элементов и дополнению сведений о формах химических соединений.

Сейчас нам кажется само собой разумеющимся, что периодический закон является фундаментальным законом химии и физики, правильно отображающим внутреннюю сущность и взаимосвязь между веществами и явлениями в природе. Но в тот период этого никто не видел. Поэтому Менделеев разослал свою систему элементов многим известным химикам, чтобы получить их отзывы. Не получив ответа ни от Ж.Дюма, ни от А.Юрца, ни от С.Канницаро, ни от А.Байера, он предпринял большую поездку за границу, где предполагал встретиться с европейскими химиками для обсуждения открытого им закона. Дело в том, что многие из ученых восприняли появление закона скептически или просто не обратили на него внимания, видя в периодической системе лишь одну из многочисленных попыток классифицировать химические элементы. Даже открытие в 1875 г. предсказанного Менделеевым галлия (экаалюминия) не изменило этого отношения. Лишь открытие в 1879 г. скандия (экабора) заставило химиков взглянуть на периодический закон как на строгое научное обобщение данных и фактов, как на руководство в дальнейшем изу-

чении химических элементов. А открытие в 1886 г. германия (экасилиция) было уже настоящим триумфом периодического закона.

Незадолго до смерти он писал: «По-видимому, периодическому закону будущее не грозит разрушением, а только надстройку и развитие обещает». Действительно, последующее развитие науки подтвердило справедливость этих слов. Система химических элементов Менделеева явилась основой для поиска физического, а затем и квантово-химического обоснования периодического закона химических элементов.

Своеобразным выражением внимания к периодическому закону в тот период явилась постановка вопроса о приоритете в его открытии. Менделеев был вынужден написать специальную статью «К истории периодического закона». Она была ответом на опубликованную в 1880 г. в «Докладах Немецкого химического общества» статью Л.Мейера «К истории периодической атомистики» с претензией на приоритет открытия. Отклик своей статьи Л.Мейер послал Менделееву, что и побудило дать развернутый ответ. Дмитрий Иванович показал, что хотя таблица Мейера в основной своей части совпадала с его таблицей, однако Мейер не решался дать на ее основе предсказания свойств не открытых еще элементов или исправления атомных весов уже известных элементов. Это спор о приоритете, видимо, сказался и на признании общих научных заслуг Менделеева при избрании его академиком Петербургской академии наук и при присуждении ему Нобелевской премии.

В начале осени 1880 г. после кончины Н.Н.Зинина освободилась вакансия академика по технологии и прикладной химии в Петербургской академии наук и были назначены выборы. На вакантное место от имени академиков Бутлерова, Чебышева, Кокшарова и Овсянни-

кова была представлена кандидатура Менделеева, который к этому времени был известен как ученый мирового уровня. Однако выяснилось, что президент Академии Литке и большинство академиков являются решительными противниками Менделеева, противопоставляя ему профессора Технологического института Бейльштейна. Менделеев был забалотирован. После этого профессора университета в виде протеста устроили обед в честь Менделеева. Горячо откликнулась на этот позорный для Академии факт и русская общественность. В газетах был опубликован протест ряда ученых. Многие университеты и большое число научных обществ избрали Менделеева в ряды своих членов или почетных членов. Статьи против Менделеева появились только в немецкой газете «St. Petersburger Zeitung». Вопрос перешел на национальную почву, видимо, потому, что являлся продолжением полемики о приоритете открытия периодического закона. Хотя высказывание одного из академиков того времени дает повод видеть в этом другую возможную субъективную причину: «...Мы не хотим университетских. Если они и лучше нас, то нам все-таки их не нужно». Позже неизбрание Менделеева в академики объясняли следствием «довольно тяжелого характера» ученого, его «практическими» интересами: «...Он мотается по фабрикам и заводам ...участвует в организации промышленных и торговых выставок России за границей ...и (как ходят слухи) даже посещает сахарные и (о Боже!) водочные заводы! Какой же это академик!»

Как известно, в 1895 г. А.Нобель оставил завещание, согласно которому основная часть его громадного состояния должна быть использована на ежегодные премии его имени. Для выдвижения номинантов на эту премию Шведская академия наук обращается за предложениями к крупнейшим специалистам в своей области и прежним лауреатам. Затем предложенные кандидатуры рассматриваются Нобелевским комитетом, расставляются при голосовании в определенной последовательности по достоинству и рекомендуются для голосования на пленуме Шведской академии наук. Первая Нобелевская премия в области химии была присуждена голландскому ученому Я.Г.Вант-Гоффу в 1901 г.

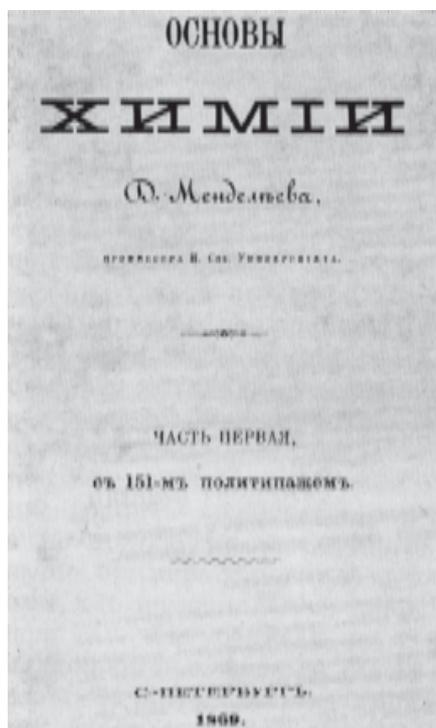
за законы химической динамики и осмотического давления. Вторая — немецкому ученому Э.Фишеру за изучение сахаров и пуринов. Третья — шведскому химику С.А.Аррениусу за разработку теории электролитической диссоциации. Четвертая — английскому ученому У.Рамзаю за открытие инертных газов в атмосфере и нахождение их места в периодической системе. По-видимому, последнее явилось поводом вспомнить о фундаментальной значимости периодического закона Д.И.Менделеева*. Вант-Гофф, О.Хертвиг и председатель Нобелевского комитета С.О.Петтерсон для номинирования на премию 1905 г. выдвинули русского химика. Вместе с ним в списке оказались А.Байер за работу по органическим красителям и гидроароматическим соединениям и А.Муассан за изучение и выделение элемента фтора и применение оригинальной электродуговой печи для синтеза карбида кальция. Премию получил А.Байер. Объясняли это тем, что по завещанию Нобеля премии должен удащаться ученый за непреходящую новизну открытия, причем в предшествующем году. Тогда председатель Нобелевского комитета апеллировал ко второму параграфу положения о назначении премии, который предусматривал присуждение премии за более ранние работы, если их значимость нашла подтверждение в последовавших новых открытиях (так часто поступают сейчас). Поэтому Д.И.Менделеева вновь включили в список номинантов на премию 1906 г. наряду с тем же А.Муассаном и немецким физикохимиком В.Нернстом и французским химиком-органиком В.Гриньяром. Прошел А.Муассан. Петтерсон вновь заметил, что «система Менделеева подтвердилась испытанием в период интенсивного развития химии с 80-х годов до нашего времени. Она сумела объединить в своих рамках все главнейшие крупные открытия последних лет и продемонстрировала ранее казавшиеся возможности саморазвития». В конце 1906 г. Нобелевский комитет по химии подтвердил большинством голосов против одного свое решение

* Сведения по истории присуждения Нобелевской премии Д.И.Менделееву взяты из статьи А.М.Блоха в журнале «Природа» (№ 2 за 2002 г., с. 72).

«рекомендовать присудить премию по химии доктору Дмитрию Менделееву», но 2 марта 1907 г. Д.И.Менделеева не стало и его кандидатуру сняли с голосования в Шведской академии наук. Так Менделеев не стал Нобелевским лауреатом. Примечательно в этой истории то, что его кандидатуру выдвигали иностранцы. Что же касается членов Петербургской императорской академии наук, то по словам С.Ю.Витте — министра финансов и непосредственного начальника Менделеева как директора Главной палаты мер и весов — «...только тогда, когда он умер, начали кричать, что мы потеряли великого русского ученого».

На склоне лет великий ученый писал: «Всего более четыре предмета составили мое имя: периодический закон, исследование упругости газов, почитание растворов как ассоциация и «Основы химии».

Тут все мое богатство. Оно не отнято у кого-нибудь, а произведено мною...»



**СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ,
ИСПОЛЗУЕМЫЙ ВО ВРЕМЕНА МЕНДЕЛЕЕВА
(в современной интерпретации)**

Атомность — валентность, главным образом по водороду.

Пай — атомная масса.

Система — множество закономерно связанных друг с другом элементов (явлений, знаний и т.д.) представляющее собой определенную целостное образование, единство.

Типические элементы — химические элементы от водорода до натрия.

Формы соединений — различные по составу соединения данного элемента (R) с другими элементами, выраженные общими формулами: RX , RX_2 , RX_3 и т.д. до RX_8 .

Частица — молекула.

Частичный — молекулярный.

Элементы — те материальные составные части простых и сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств. Они видоизменениям и взаимным превращениям не подвергаются, и представляют, по современным воззрениям, неизменную сущность изменяющегося (химически, физически и механически) вещества, входящую как в простые, так и в сложные тела. При таком представлении о химических элементах — они оказываются чем-то отвлеченными, т.к. в отдельности мы их не видим и не знаем. Элементу отвечает понятие об атоме (Менделеев, 1898 г.)