



H								He					
Li	Be							Ne					
Na	Mg							Ar					
K	Ca							Ni					
Cu	Zn							Kr					
Rb	Sr							Pd					
Ag	Cd							Xe					
Cs	Ba							Pt					
Au	Hg							Rn					
Fr	Ra							Ac	Th	Pa	U		

Б. Г. Кузнецов

**ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ
МЕНДЕЛЕЕВ**



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

ПРОФЕССОР
Б. Г. КУЗНЕЦОВ

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ
МЕНДЕЛЕЕВ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР

Москва — 1957



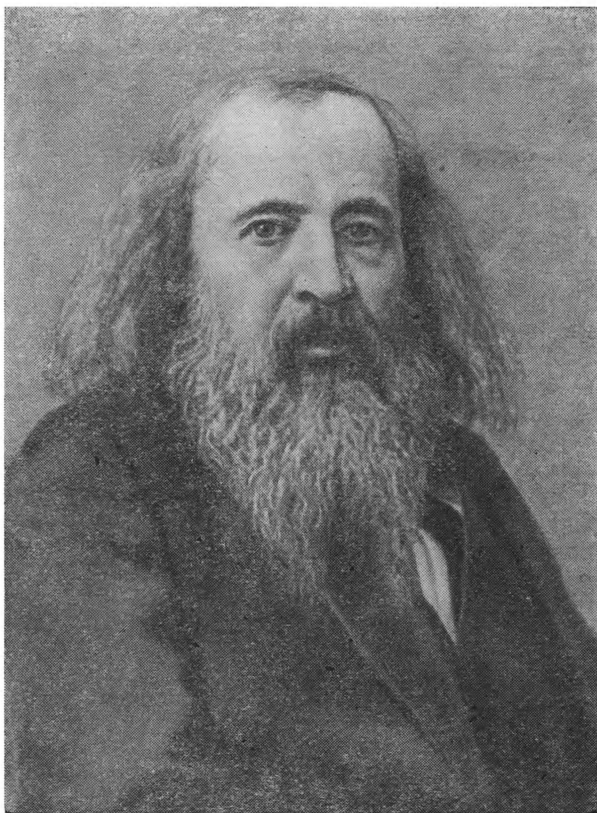
В ряду ученых, раскрывших важнейшие законы мироздания, одно из почетных мест принадлежит Дмитрию Ивановичу Менделееву. Менделеев был революционером в науке, творцом новых научных воззрений. Каждый советский человек — солдат, матрос и офицер, рабочий, инженер и конструктор, колхозник, агроном и селекционер, студент, преподаватель и ученый — черпает в биографии и трудах Менделеева образцы самоотверженного труда, неукротимой энергии, настойчивости, преданности научной истине, неразрывной связи практики и науки.

Менделеев открыл научные законы, применение и развитие которых расширило знания людей о невидимом мире мельчайших частиц вещества и вместе с тем позволило поставить на службу человеку чрезвычайно мощные источники энергии, таившейся внутри этих частиц. Имя Менделеева бессмертно прежде всего потому, что он открыл периодический закон, показав, что химические свойства элементов периодически изменяются в ряду элементов, расположенных в порядке возрастания атомного веса. Этим гениальным обобщением химических и физических знаний Менделеев во многом способствовал развитию современной физики и химии и прежде всего учения об атомах, атомных ядрах и элементарных частицах. Атомная физика, выросшая в значительной степени на основе периодического закона, развиваясь дальше, привела к освобождению энергии атомных ядер, а затем и к практическому использованию атомной энергии. Периодический закон Менделеева двинул вперед химию и химическую технологию, он раскрыл новые возможности поисков и использования полезных ископаемых и оказал мощное воздействие на многие области современной науки и техники.

Наряду с периодическим законом Менделееву принадлежит ряд других крупных физических и химических открытий, а также выдающихся технологических идей, в том числе идея подземной газификации угля.

Менделеев внес значительный вклад и в боевую технику основных родов войск. Артиллеристы и минеры, пехотинцы и минометчики помнят о Менделееве как о создателе бездымного пороха. Летчики знают, что Менделеев своими трудами по теоретическим основам аэродинамики, работами, посвященными свойствам верхних слоев атмосферы, а также творческой помощью пионерам авиации способствовал рождению воздушного флота. Солдаты и офицеры танковых войск вспоминают о теоретических работах Менделеева, лежащих в основе учения о сплавах и практических достижениях металлургии в области специальных сталей. Летчики, танкисты, личный состав моторизованных войск хранят благодарную память о работах Менделеева по нефти, способствовавших широкому развитию производства моторного топлива. Нет сейчас ни одной крупной области военной техники, так же как нет ни одной области металлургии и топливной промышленности, так же как нет ни одной крупной области физики и химии, где не сказалась бы прямым или косвенным образом творческая деятельность Менделеева.

Каков же был жизненный путь великого ученого, как отразились на нем исторические условия, каковы основные этапы творчества Менделеева? Научная деятельность Менделеева охватывает почти всю вторую половину XIX столетия и первые годы нашего века. Она началась незадолго до 1861 года — года отмены крепостного права — и закончилась в период первой русской революции. За эти полвека Россия прошла большой путь. После отмены крепостного права капиталистическая промышленность быстро пошла вперед. До этого крепостное право мешало быстрому развитию промышленности. Остатки крепостных порядков сохранились и после 1861 года. Отсталое крестьянское хозяйство было опутано цепями арендной платы, грабительскими штрафами, громадными податями. Обнищавшие крестьяне уходили в города. Здесь, несмотря на задерживавшие промышленное развитие остатки крепостничества, в 60—70-е годы сравнительно быстро выросли крупные фабрики. В 90-е годы начался еще более заметный промышленный подъем,



Дмитрий Иванович Менделеев
(1834—1907)

До конца века было проложено свыше двух десятков тысяч верст новых железных дорог, выросло производство металла, угля и нефти. Эти отрасли промышленности поставили новые задачи перед естествознанием, особенно перед механикой, физикой и химией. Ряд передовых естествоиспытателей стремился своим творческим трудом способствовать научно-техническому прогрессу. При этом передовые ученые сталкивались с невыносимо тяжелыми условиями, в которых находилась наука в царской России. По словам известного советского химика Н. Д. Зелинского, положение науки «было поистине трагичным. Вековая отсталость, неизбывная нужда народа, периодические голодовки, невероятные трудности практического применения научных знаний, рогатки перед выходцами из народа, стремившимися попасть в науку, скудость и малочисленность научных центров и в этих центрах — нищенские лаборатории и все-ильные чиновные попечители».

Эта картина была мрачной, но не беспросветной. Жизнь шла вперед, в России росла промышленность, рос, спланивался и закалялся в первых революционных битвах рабочий класс. Крестьянство, страдавшее от крепостной эксплуатации, а потом от бесчисленных пережитков крепостничества, гибнувшее от частых голодовок, опутанное сетью поборов, бесправное и угнетенное, роптало и волновалось. Выразителями его революционных стремлений и чаяний были передовые русские мыслители. Лучшие представители русской интеллигенции стремились облегчить судьбу народа, распространить в широких кругах научные знания, способствовать развитию промышленности и освоению природных ресурсов России, поколебать и рассеять суеверия, мешавшие народу видеть правду. В 60-е годы в России начала свою деятельность замечательная плеяда выдающихся естествоиспытателей, оказавших большое влияние на промышленность, культурное и идейное развитие страны и двинувших вместе с тем далеко вперед мировую науку.

60—70-е годы — замечательный период в русской науке. В это время А. М. Бутлеров объяснил сложные вопросы органической химии, создав учение о строении молекул, А. Г. Столетов открыл ряд основных закономерностей в области фотоэлектричества, П. Н. Яблочков и А. Н. Лодыгин изобрели электрическое освещение,

В. О. Ковалевский раскрыл историю развития организмов, живших за миллионы лет до нас, И. М. Сеченов заложил основы учения о сознании, К. А. Тимирязев своими работами продвинул вперед учение о процессах, происходящих в зеленых клетках растений под влиянием света. В этот же период русская наука в лице Д. И. Менделеева показала связь между различными химическими элементами и этим положила начало новому периоду изучения строения вещества.

ЖИЗНЬ МЕНДЕЛЕЕВА

Дмитрий Иванович Менделеев родился 27 января (ст. ст.) 1834 года в Тобольске, в семье директора местной гимназии. Вскоре после рождения Менделеева его отец ослеп и был вынужден выйти в отставку. Семья бедствовала и вскоре переселилась из Тобольска в Аремзянку — деревню в 25 верстах от Тобольска, где находился стекольный завод, принадлежавший родственникам Менделеева. Заводом управляла мать Менделеева — энергичная и умная женщина, о которой Менделеев на всю жизнь сохранил благодарные воспоминания. Завод в Аремзянке был старый, он существовал с середины XVIII века. Рядом с заводом находилась деревня, и Менделеева с детства окружали деревенские впечатления. Через несколько лет удачная операция возвратила зрение отцу Менделеева, и семья переселилась вновь в Тобольск, где Менделеев поступил в гимназию. Вспоминая о своих гимназических годах, Менделеев говорит о пробудившихся у него уже в то время научных интересах. Он недолюбливал гимназическую латынь, зато усиленно занимался географией и естественными науками.

В 1847 году умер отец Менделеева, вскоре умерла старшая сестра, другие братья и сестры разъехались, семья распалась. Мать отвезла Менделеева в Москву, пыталась определить его в университет, но это не удалось. Тогда она с сыном поехала в Петербург, и здесь в 1850 году Менделеев был принят в Главный педагогический институт.

Среди профессоров Главного педагогического института было несколько крупных ученых, которые давали в своих лекциях подлинно научные знания и пробуждали у слушателей действительно интерес к науке. Особенное

значение имели лекции крупного механика и математика академика М. В. Остроградского по математике, лекции известного исследователя электромагнетизма академика Э. Х. Ленца по физике и курс химии, который читал А. А. Воскресенский. На будущего великого химика в то время оказали влияние не только этот курс химии, но и физико-математические науки. В лекциях Остроградского математика была тесно связана с механикой, астрономией и физикой. Лекции по физике, читавшиеся Ленцем на высоком научном уровне, также давали немало материала для научных размышлений юноши. Товарищи Менделеева по студенческой скамье вспоминали его интерес к математическим и физическим знаниям, хотя Менделеев сразу же выбрал химию своей основной специальностью. Что касается курса самой химии, то Менделеев неоднократно говорил впоследствии, что лекции Воскресенского пробудили в нем стремление к самостоятельному труду, привили некоторые экспериментальные навыки и критическое отношение к старым химическим теориям.

Летом 1855 года, окончив институт, Менделеев отправился в Симферополь, где ему было предоставлено место учителя. Это было время Крымской войны, и по дорогам юноша встречал обозы, шедшие к осажденному Севастополю. Симферополь находился вблизи от фронта, занятий здесь не было, и Менделеев вскоре переехал в Одессу. Здесь он подготовился к магистерскому экзамену и весной 1856 года вернулся в Петербург, где защитил диссертацию на тему «Об удельных объемах» и приступил к чтению лекций по теоретической химии в университете.

Два года спустя Менделеев получил заграничную командировку и поехал в Германию. Он поселился в небольшом городке Гейдельберге, знаменитом своим университетом. Менделеев начал работать в лаборатории Бунзена, известного химика, открывшего вместе с Кирхгофом спектральный анализ. Вскоре Дмитрий Иванович создал в Гейдельберге собственную лабораторию и приступил к напряженному исследовательскому труду. Лишь изредка он участвовал в экскурсиях в Швейцарию и Италию вместе со своими друзьями из русской молодежи, учившейся в Гейдельберге. Особенно тесно он подружился с будущим крупным химиком и знаменитым ком-

позитором А. П. Бородиным и с будущим великим физиологом И. М. Сеченовым. Группа передовой русской молодежи собиралась по вечерам у Т. П. Пасек — двоюродной сестры Герцена. В оживленных беседах юноши обсуждали содержание новых статей Герцена. Статьи Герцена и общение с демократически настроенными сверстниками позволили Менделееву уже в то время критически подойти к западноевропейской действительности. Менделеев вел в это время дневник, и записи в нем представляют первостепенный интерес для истории идейного развития молодого ученого. Менделеев приветствует национально-освободительное и революционное движение в Европе. Побывав в Италии и увидев, как эту страну в то время терзали реакционное духовенство, королевский двор Бурбонов и хозяйничавшие в ней австрийцы, Менделеев писал:

«Погодите немного, дайте итальянцам сбросить иго попов, мертвящих все живое, австрийцев, бурбонов, дайте немного выродиться тем грязным свойствам, какие породили это долгое совокупное влияние папской темноты и инквизиции и полицейских преследований, — и вы увидите, что единая Италия — она теперь не пуф, она не слова...»

Менделеев глубоко сочувствовал революционно-освободительному движению итальянского народа, которым руководил знаменитый итальянский революционер Гарибальди. Менделеев писал о Гарибальди:

«Где, скажите, был когда-нибудь такой человек, как Гарибальди? Он все сделал для Италии, он колотил австрийцев, он освободил Сицилию, куда вступил с 1000 человеками всего, его приближение заставило бежать Бурбона из Неаполя, куда Гарибальди вступил уже с 60 000 сподвижников. Он всех и каждого очаровывает, заставляет бросить личные цели для общих, его красноречие просто, как и он сам, — моряк, генерал не по чину, а по природе, правитель, оратор. И этот человек, кому молятся простолюдины, как богу, кого уважает и знает весь мир, на кого надеется Италия, — он не берет ни почестей, ни денег, ходит в своей красной куртке и ездит в карацельке. Где примеры этого найдете в мире? Счастлива страна, которая может назвать, может производить таких людей, как Гарибальди. Невозможно удержаться,

чтобы не говорить о Гарибальди, видевши, что сделал он, а потому простите за политику».

Менделеев побывал и в Париже, посвятив наиболее яркие строки своих писем на родину французским пролетариям. Рабочие Парижа, хорошо помнившие недавнюю революцию 1848 года, произвели глубокое впечатление на юношу. Он писал о французских рабочих:

«Остается прибавить к этому, что народ, т. е. сами блузники, рабочие Парижа, — это для меня было новое племя, интересное во всех отношениях. Эти люди, заставлявшие дрожать королей и выгонявшие власть за властью, — поразительны: честные, читают много, изящны даже, поговорят о всем, живут настоящим днем, — это истинные люди жизни; понимаешь, что встрепенутся толпы таких людей, хоть кому будет жутко. Это класс, совершенно отличный от буржуазии, от торгашей; те сладки, вертлявы — просто французики, каких мы знаем, плутишки, барышники, не те, которым принадлежит история Франции».

Основные помыслы Менделеева принадлежали в это время начатой им научной работе. Он стремился объяснить химические явления с позиций атомистики — учения об атомах и молекулах. Менделеева особенно интересовала природа сил, притягивающих друг к другу различные атомы. Эти силы, по мнению Менделеева, тождественны по своей природе с силами, толкающими друг к другу молекулы вещества. В одном из своих отчетов Менделеев писал: «Главный предмет моих занятий есть физическая химия. Еще Ньютон был убежден, что причина химических реакций лежит в простом молекулярном притяжении, обуславливающим сцепление и подобном явлениям механики».

Таким образом, Менделеев хотел объяснить причины химических реакций, проникнув в природу силы химического сродства. «Убежденный, — писал он в одном из своих отчетов, — в тождестве силы химического сродства с силою сцепления и уверенный, что возможно полное решение вопросов о причинах химических реакций не может быть сделано без знания величины молекулярного сцепления, я выбрал эту столь мало обработанную область своею специальностью».

Менделеев старался уделить в своих исследованиях особое внимание явлениям, при изучении которых можно

было приблизиться к пониманию сущности молекулярного притяжения.

Ниже мы более подробно остановимся на этих работах, но уже сейчас отметим, что хотя Менделееву и не удалось объяснить химическое сродство «как механическое явление», но исследование сил сцепления привело его к крупному открытию. До работ Менделеева полагали, будто существуют газы, которые нельзя превратить в жидкость; Менделеев показал, что при определенной температуре, характерной для каждого газа, движение молекул становится настолько быстрым, что связь между ними не сохраняется даже при сильном давлении, но при температурах ниже этого уровня каждый газ может быть превращен в жидкость. Что же касается химического сродства, или, говоря нагляднее, сил, заставляющих атомы соединяться в молекулы, то природа этих сил оказалась крайне сложной. Она была выяснена с помощью понятий и представлений атомной физики, появившихся много позже, уже после смерти Менделеева.

В 1860 году Менделеев в составе русской делегации участвовал в съезде химиков в Карлсруэ в Германии. Одна из основных задач, которая была решена этим съездом, состояла в четком определении некоторых понятий, хорошо известных сейчас самым широким кругам. Речь идет о понятиях атома, молекулы и т. п., а также об атомном весе. В начале XIX века итальянский физик Авогадро доказал, что газы состоят из молекул, включающих один, два и т. д. атома, и что при одинаковом давлении и температуре в одинаковых объемах во всех газах содержится одно и то же число молекул. Отсюда вытекала возможность вычислить, во сколько раз молекула одного газа тяжелее молекулы другого, иными словами, вычислить относительные веса молекул — молекулярные веса. Для этого достаточно сравнить удельные веса различных газов при одном и том же давлении и температуре или, что то же самое, сравнить веса одинаковых объемов газа. Поскольку эти объемы содержат одно и то же число молекул, различия в весе будут в точности пропорциональны различию в весе самих молекул. Открытие Авогадро позволяло вычислить и относительные веса атомов — атомные веса. Для этого нужно было знать, сколько атомов входит в молекулу газа, что в свою очередь требовало отчетливого представления о весовых

отношениях, в которых соединяются между собой различные элементы. При образовании воды из водорода и кислорода одна весовая часть водорода, соединяясь с восемью частями кислорода, образует девять весовых частей воды. Однако не только весовое количество вещества, но и их объемы находятся между собой в сравнительно простых отношениях. При образовании воды два объема водорода, соединяясь с одним объемом кислорода, образуют два объема воды. В свете открытий Авогадро из такого соотношения объемов вытекает, что две молекулы водорода, соединяясь с одной молекулой кислорода, дают две молекулы воды ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$). Весовые же пропорции означают, что одна молекула кислорода в восемь раз тяжелее, чем две молекулы водорода. Изучая подобным образом различные химические реакции, можно вычислить относительные веса атомов и молекул. Так как соединения веществ с кислородом были особенно подробно изучены, веса атомов стали относить к весу атома кислорода, приняв его за 16. При этом атомный вес водорода оказался приблизительно равным единице.

Нужно сказать, что в определении атомных весов в течение всей первой половины XIX века существовала изрядная путаница. Химики, исходя из различных химических реакций, приходили к различным весовым и объемным отношениям и поэтому одним и тем же элементам приписывали порой самые различные атомные веса. Поэтому большое значение имела попытка итальянского химика Канниццаро систематизировать сведения об атомных весах. Канниццаро изложил свои взгляды в книге «Сжатый очерк преподавания теоретической химии», вышедшей в 1858 году. В этой книге он исходил из открытия Авогадро. Он определял молекулярные веса паров различных веществ и, исходя затем из весовых отношений, в которых соединяются между собой вещества, вычислял атомные веса.

На съезде в Карлсруэ работа Канниццаро вызвала живейший интерес. Задача съезда, как это было сказано в обращении его организаторов, состояла в том, чтобы перейти к единой номенклатуре, выяснить действительные весовые и объемные соотношения в химических реакциях и по возможности определить молекулярные и атомные веса. Именно в этом и Менделеев видел главный резуль-

тат работы съезда. В своем письме на родину Менделеев поддерживал мысль Канниццаро об определении веса частиц на основе идей Авогадро, которые высказывали также Ампер, Гей-Люссак и другие крупные физики и химики.

«Рассматривая эти средства, какими доходят до понятия о весе частицы (конечно, относительном), г. Канниццаро признает совершенно верным только одно средство... Это средство есть определение объема тел в состоянии газа или пара, т. е. определение удельного веса тел в таком состоянии... Правило объемов по своей простоте и по связи, которую оно устанавливает между родственными науками химиею и физикою, заслуживает предпочтения перед другими средствами определить относительный вес частиц. Это правило может быть выражено еще таким образом: в парах и газах расстояние центров частиц одинаково для всех тел и зависит только от давления и температуры. На этом самом начале опирается и современная теория теплоты в отношении к газам. Принимая его, мы не отступаем от химического пути, потому что все, что мы знаем до сих пор, указывает на согласие между весом частиц, определенным по объемам пара, и количеством тел, входящим в реакции».

В 1861 году Менделеев возвратился на родину. В то время в Петербурге происходили студенческие волнения. Царское правительство отвечало ожесточенными преследованиями студентов. В октябре 1861 года Менделеев занес в свой дневник запись о разгоне студенческой демонстрации: «Тут произошла сцена, которой тягостнее я не видел, разве что припомнить впечатление обозов раненых, которых везли из Севастополя. Выводят студентов, окруженных огромным количеством солдат, так что студентов и не видать — они идут в середине каре. Стоящие вблизи студенты прощай кричат, машут платками. Те отвечают тем же. В это время, о срам и мерзость, ведь и с преступниками позволено прощаться — наскакивает сперва один взвод, потом другой взвод жандармов, топчет, давит, рубит, окружает. Это дело двух секунд. 3 или 4 раненых. Недоставало крови — теперь она на них лежит пятном, которого не смоят». В этот же период Менделеев встречался с Чернышевским. По-видимому, эти встречи произвели на него сильное впечатление.

В 1861 году Менделеев приступил к чтению университетского курса органической химии. Началась долгая педагогическая деятельность ученого, принесшая замечательные плоды и давшая науке десятки крупных исследователей, пробудившая к активной творческой жизни талантливых представителей учащейся молодежи. Многие из студентов того времени в своих воспоминаниях возвращались к впечатлению, которое производил Менделеев на университетской кафедре. Они вспоминали, как перед ними появлялась мощная, слегка сутуловатая фигура ученого с длинными вьющимися волосами, они писали о его низком сильном голосе, вспоминали живость и образность его речи и широкое привлечение материалов, относящихся к механике, физике, астрономии, метеорологии, геологии, физиологии, агрономии и технологии при изложении химических проблем.

Один из учеников Менделеева В. А. Яковлев писал о своих впечатлениях от лекции Менделеева, правда, относившихся к значительно более позднему времени — к концу 80-х годов: «Речь течет дальше и дальше. Вы уже привыкли к ней. Вы способны оценить ее русскую меткость, способность вырубать сравнения, как топором, оставить в мало-мальски внимательной памяти следы на всю жизнь. Еще немного — и вы, вникая в трудный иногда для неподготовленного ума путь доводов, все более и более поражаетесь глубиной и богатством содержания читаемой вам лекции». Яковлев говорит о фигуре Менделеева: «В ней хорошо все: и этот лоб мыслителя, и сосредоточенно сдвинутые брови, и львиная грива падающей на плечи шевелюры, и извивающаяся при покачивании головой борода. И когда этот титан в сумрачной аудитории, с окнами, затененными липами университетского сада, освещенный красноватым пламенем какой-нибудь стронциевой соли, говорит вам о мостах знания, прокладываемых через бездну неизвестного, о спектральном анализе, разлагающем свет, доносящийся с далеких светил, быть может уже потухших за эти сотни лет, что этот луч несется к Земле, — невольно нервный холодок пробегает по вашей спине от сознания мощи человеческого разума...»

В 1861 году Менделеев приступил также к преподаванию в Петербургском втором кадетском корпусе, в Корпусе инженеров путей сообщения, в Военно-инженер-

ном училище и в Военно-инженерной академии. Одновременно он взял на себя редактирование большого курса общей технологии. Редактирование по существу состояло в полной замене взятого первоначально за основу немецкого руководства новым текстом, связанным с изучением русской промышленности. Первый выпуск, вышедший в 1862 году, был посвящен переработке сельскохозяйственных продуктов. Весь курс проникнут характерным для всех работ Менделеева стремлением поднять научно-технический уровень русской промышленности на основе последовательного применения передовых химико-технологических знаний.

Вскоре практическое применение науки охватило и другие отрасли. Менделеев купил небольшое имение Боблово вблизи Клина (90 километров от Москвы) и, проводя здесь долгие месяцы, вел важные исследования по применению удобрений в земледелии. Менделеев придавал этим опытам большое значение. В старости, подводя итог своим трудам, Менделеев на полях одной из работ, описывавших его труды в области сельского хозяйства, начатые в 60-е годы, писал: «Они важны для меня потому, что оправдывают все мое дальнейшее отношение к промышленности». Менделеев докладывал о своих экспериментах по применению удобрений на научных собраниях и побудил принять участие в работах ряд молодых исследователей, среди которых был К. А. Тимирязев — в будущем крупный исследователь в области физиологии растений. Следуя указаниям Менделеева, Тимирязев организовал в Симбирской губернии один из первых опытных сельскохозяйственных участков. Указывая на важность удобрений, Менделеев одновременно видел, какие широкие перспективы открываются перед земледелием созданием новых сортов культурных растений. Он писал: «При создании новых, человеку наиболее пригодных и выгодных пород растений и животных... наблюдая и дружа с природой, — ее обгоняют и творят в ней несуществующее... Если можно было дойти до производства тюльпанов желаемого цвета, то можно дойти и до производства из рябины — фрукта на славу по широте спроса, по вкусу и пользе...»

В 1865 году Менделеев защитил докторскую диссертацию «О соединении спирта с водой». Речь об этой работе будет идти дальше, когда мы подробнее остано-

вися на основных химических открытиях Менделеева. Работе «О соединении спирта с водой» принадлежит среди них почетное место.

В 1865 году Менделеев стал профессором Петербургского университета по кафедре технической химии (годом раньше — профессором Петербургского технологического института по кафедре химии). Он все больше развертывал свою научную деятельность в области технологии различных отраслей русской промышленности и, в частности, начал в эти годы изучение эксплуатации нефтяных источников, приведшее впоследствии к важным практическим и теоретическим результатам.

Два года спустя Менделеев получил кафедру неорганической химии в Петербургском университете. Почти четверть века она оставалась основным центром его педагогической и исследовательской работы. Менделеев решил свой курс неорганической (общей) химии читать на основе новых идей, объединить сумму химических знаний того времени в стройную дисциплину, пронизанную единым принципом, не только объясняющим особенности всех известных тогда химических элементов, но позволяющим даже указать свойства еще не открытых элементов. Открытие этого принципа явилось величайшей заслугой Менделеева. Оно было совершено в 1869 году.

В начале 1869 года Менделеев послал ряду химиков «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». В марте И. А. Меншуткин прочитал в Русском химическом обществе доклад Менделеева (по болезни не присутствовавшего на заседании). «О соотношении свойств с атомным весом элементов». Здесь Менделеев показал, что в ряду химических элементов, расположенных в порядке возрастания их атомных весов, химические свойства повторяются периодически через определенное число элементов.

Менделеев рассказывает, что он пришел к этому открытию, стремясь связать массу и химические свойства. Все тела природы, говорит Менделеев, обладают определенной массой. Между различными телами мы видим прежде всего количественные различия: одни тела обладают большей массой, другие меньшей. Наряду с этим мы видим также качественные различия между телами, и, отыскивая основу таких различий, мы приходим к ка-

чественно различным химическим элементам. Отсюда, говорит Менделеев, появляется мысль, что между массой и свойствами химических элементов существует связь и эту связь можно отыскать. «Искать же чего-либо, хотя бы грибов или какую-либо зависимость, нельзя иначе, как смотря и пробуя. Вот я и стал подбирать, написав на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами, сходные элементы и близкие атомные веса, что быстро и привело к тому заключению, что свойства элементов стоят в периодической зависимости от их атомного веса, причем, сомневаясь во многих неясностях, я ни минуты не сомневался в общности сделанного вывода, так как случайности допустить было невозможно».

На базе периодического закона написана известная книга Менделеева «Основы химии», много раз издававшаяся на всех европейских языках. Во всем мире преподавание и дальнейшее развитие химических знаний опиралось в дальнейшем на внимательное изучение идей и книги русского химика. Менделеев хорошо понимал, что его открытия имеют мировое значение. Вместе с тем он подчеркивал, что, подготавливая «Основы химии», он исходил также из насущных интересов своей родины, для которой химическая наука и ее практическое применение были особенно важными. В предисловии к «Основам химии» Менделеев писал: «Расширяя понемногу пяди научной почвы, которые успели уже завоевать русские химики, выступающее поколение поможет успехам Родины больше и вернее, чем многими иными способами, уже перепробованными в классической древности, а от предстоящих завоеваний — выиграют свое и общечеловеческое, проиграют же только мрак и суеверие. Посев научный взойдет для жатвы народной. Стараясь познать бесконечное, наука сама конца не имеет и, будучи всемирной, в действительности неизбежно приобретает народный характер, даже более или менее единоличные оттенки. Потребность же подготовки и призыва к разработке истинной науки для блага России — очевидна, настоятельна и громадна».

Исходя из постоянного стремления сочетать теоретические работы с практической помощью русскому хозяйству, Менделеев продолжал изучать вопросы промышленности, в особенности нефтяной. В связи с этим в

1877 году он побывал в Соединенных Штатах Америки и затем выпустил книгу «О нефтяной промышленности в Северо-Американском штате Пенсильвании и на Кавказе». В этой книге Менделеев говорит не только о специальных вопросах, но и впечатлениях от быта и нравов, с которыми он столкнулся, о людях и их судьбе. Уже первые, нью-йоркские, впечатления заставили Менделеева обратить внимание на большое число бездействующих предприятий. Собеседники рассказали ему о кризисе. Менделеев видел здесь безработных, нищету. Далее, в Пенсильвании, он обратил особое внимание на печальную судьбу изобретателей, чьи предложения оказались в данный момент невыгодными капиталистическим фирмам. Менделеев сумел подметить хищническое истребление природных ресурсов, в частности уничтожение лесов. «Нажива стала единственной целью...», — пишет Менделеев об американской промышленности.

Впечатления Менделеева не ограничивались нефтяной промышленностью. Он пишет о преследовании негров, о торгашеском духе американской печати, об эксплуатации рабочих. Менделеев говорит, что в Америке было бы жутко жить людям, стремящимся к прогрессу и верящим в цивилизацию. Подводя итог своим впечатлениям и впечатлениям своих спутников, излагая замечания, которыми они обменивались на обратном пути, Менделеев говорит: «Всем было ясно, что в Северо-Американских Штатах выразились и получили развитие не лучшие, а средние и худшие стороны европейской цивилизации. ...Новая заря не видна по ту сторону океана».

Ниже, говоря о вкладе Менделеева в различные области науки и техники, мы вернемся к его идеям, относящимся к нефти и нефтяной промышленности, и увидим, что ее изучение натолкнуло Менделеева на широкие теоретические обобщения. В американской нефтяной промышленности 70-х годов Менделеев столкнулся с пренебрежительным отношением к геологическому исследованию нефтяных районов. Он видел иную перспективу — широкие, основанные на научном анализе поиски новых нефтяных районов и рациональное использование наличных нефтяных ресурсов. Менделеев разрабатывал теорию происхождения нефти, связанную с его общими химическими, физическими и биологическими идеями и в то же

время указывающую пути поисков новых нефтяных месторождений.

Постоянная связь теоретических замыслов с технико-экономическими проектами, научных исследований с практическими нуждами и интерес Менделеева к промышленным и культурным проблемам сделали в 70-е годы имя Менделеева известным в широких кругах русского общества. Его научные открытия относились к таким коренным проблемам, которыми живо интересовались не только специалисты. Вместе с тем 70-е годы были временем крупных побед химических идей Менделеева. Открытие новых элементов, предсказанных Менделеевым на основе периодического закона, принесло ему мировое признание. Слава Менделеева росла. Росла вширь и вглубь и его деятельность. К ней все более подозрительно приглядывались придворные и чиновные круги. Их враждебное отношение к великому ученому особенно ярко проявилось, когда группа передовых естествоиспытателей предложила избрать Менделеева в состав петербургской Академии наук. После смерти Н. Н. Зинина несколько академиков, в том числе А. М. Бутлеров и знаменитый математик П. Л. Чебышев, предложили на освободившееся место кандидатуру Менделеева. Менделеев был уже в это время признан во всем мире. Во всех странах мира крупнейшие химические открытия и теории имели своим отправным пунктом периодический закон, открытый Менделеевым. В России многочисленные области химии, физики и технологии были обязаны Менделееву важнейшими открытиями и идеями, надолго предопределившими пути научно-технического развития. Имя Менделеева было окружено глубоким уважением передовых ученых мира.

Академией наук в то время заправляла реакционная группа, стремившаяся оторвать Академию от русской жизни и практических задач страны. Этой группой руководили представители знати. Вдохновителем этой группы реакционных сановников был Победоносцев — мрачный изувер, ожесточенный враг науки и просвещения. Его правой рукой был граф Д. А. Толстой, бывший шефом жандармов, министром внутренних дел, обер-прокурором Святейшего синода и некоторое время — президентом Академии наук. Долгие годы в Академии наук распоряжался К. С. Веселовский, принадлежавший к петербург-

ской чиновно-помещичьей знати и занимавший в 1857 — 1890 годы должность неперменного секретаря Академии.

11 ноября 1880 года кандидатура Менделеева была поставлена на голосование. Реакционным кругам вместе с Веселовским удалось устроить дело таким образом, чтобы враждебная Менделееву группа большинством в один голос (включая два голоса, принадлежавших президенту Академии наук Н. Ф. Литке) забаллотировала великого ученого. Известие об этом решении вызвало бурю протестов во всех научных центрах России. Университеты, научные общества, отдельные ученые протестовали против интриг знати и решения Академии наук. В газетах появилось множество статей, очерков и фельетонов, посвященных положению в Академии наук. В газете «Молва» в ноябре 1880 года был напечатан сатирический очерк «В святилище науки». Под именами выведенных здесь персонажей читатель угадывал действительных участников реакционной группы. В очерке высмеивался некий академик по математике, заслуги которого сводились к корректуре таблицы логарифмов, затем механик, придумавший новый замок к несгораемому шкафу, зоолог, пытавшийся «скрещивать леща с зайчихой», в молодости блиставший в гостиной некой графини, выхлопотавшей ему впоследствии академическое кресло. Вся эта компания спрашивала: «Кто этот Менделеев?» Подобных откликов в русской печати было немало. Газета «Голос» писала, что представители реакционной группы не хотят допустить Менделеева в состав Академии, так как этот энергичный и яркий человек не ко двору в Академии, старавшейся отгородиться от жизни. «Как впустить такого беспокойного человека в это сонное царство? Да ведь он, пожалуй, всех разбудит и, чего боже упаси, заставит работать на пользу родине».

Крупный химик академик А. М. Бутлеров опубликовал статью «Русская или императорская Академия наук?» Здесь он клеймит царских сановников и говорит, что низкопоклонство в отношении к зарубежной науке препятствует прогрессивной научной деятельности Академии. Бутлеров писал, что академическая атмосфера не дает дышать честному, прогрессивному ученому. «Не удивительно, что задыхающийся всеми силами рвется к чистому воздуху и прибегает к героическим средствам, чтобы пробить к нему путь».

Крупнейшие русские химики опубликовали свои коллективные письма с протестом против деятельности реакционной группы, не допустившей Менделеева в Академию наук. На заседании русского физико-химического общества под председательством А. М. Бутлерова было принято обращение к Менделееву, в котором говорилось:

«Дмитрий Иванович! Члены русского химического общества, присутствующие в настоящем заседании, приветствуют Вас, как ученого, равного которому русская химия представить не может, и, в знак своего глубокого уважения к высоким заслугам Вашим в развитии химии, единогласно предлагают Вас в почетные члены физико-химического общества.

Настоящее приветствие и предложение Вас в почетные члены получило лишь внешний толчок от общего волнения, вызванного известным событием 11 ноября, но каждый из нас уже давно чувствовал нравственную обязанность признать и венчать пророка в отечестве своем».

Русские университеты и некоторые западноевропейские научные центры избрали Менделеева почетным членом. К нему шел большой поток приветствий, была создана премия имени Менделеева. Но реакционная группа не допустила его избрания в Академию и позже.

В конце концов реакционные круги заставили Менделеева покинуть и Петербургский университет. Весной 1890 года во всех университетских городах России происходили студенческие волнения. В Петербурге студенты решили обратиться со своими требованиями к министру народного просвещения через Менделеева. Менделеев передал министру петицию, содержащую эти требования, но вскоре получил ее обратно с надписью, где говорилось, что передача подобных бумаг несовместима с пребыванием на службе. Менделеев подал в отставку. Он видел, что реакция в это время все больше препятствует его университетской деятельности, и покинул кафедру. Его последняя лекция в университете имела своим предметом свойства марганца, но Менделеев говорил в этой лекции не только о химических свойствах марганца и даже не только о его хозяйственном значении, но также и о задачах русской науки и просвещения вообще, о развитии производительных сил России, росте ее промышленности. Эта знаменитая лекция была прощанием со студентами, и Менделеев призывал в ней молодежь вопреки

тяжелым условиям бороться за развитие русской науки, за просвещение народа, за подъем экономической мощи страны.

Покинув университет, Менделеев еще шире развернул работу, связанную с практическими нуждами страны. Он принял участие в составлении таможенного тарифа. От уровня пошлин на различные товары во многом зависели условия развития некоторых отраслей русской промышленности. Менделеев стремился составить такой таможенный тариф, который способствовал бы промышленному развитию страны. Он выпустил книгу, посвященную вопросам о таможенных пошлинах, — «Толковый тариф».

Среди практических начинаний Менделеева особенное значение имели его работы в области нефти и исследования, приведшие к созданию нового типа бездымного пороха. На всех этих практических начинаниях мы остановимся дальше.

Практические и теоретические интересы Менделеева соединялись в его работе в Палате мер и весов в Петербурге. Это учреждение до 1892 года называлось Депо образцовых гирь и весов. Менделеев, назначенный в 1892 году хранителем этого Депо, вскоре добился реорганизации его в Главную палату мер и весов — большой научный центр, где изготовлялись и изучались стандарты мер и вырабатывались методы точного измерения физических величин. Возглавлявшееся Менделеевым учреждение называется теперь Всесоюзным институтом метрологии им. Д. И. Менделеева. Менделеев, руководя Палатой мер и весов, боролся за распространение в России метрической системы мер и веса и вел важные исследования по изучению силы тяжести.

В своих практических начинаниях Менделеев, так же как и раньше, наталкивался на глухую стену противодействия со стороны дворянских и чиновных кругов. Старый ученый все яснее видел, что его научные и практические замыслы сжаты тяжелыми условиями царского строя. Революция 1905 года произвела на Менделеева громадное впечатление. Жена Менделеева рассказывает о попытке ученого предотвратить массовое убийство рабочих 9 января 1905 года.

«Когда началось шествие во главе с Гапоном к Зимнему дворцу, несметные толпы наводнили не только те

улицы, по которым проходило шествие, но и все соседние. Все ходили бледные и тревожные. У нас в Палате было то же, что и везде, — ожидание и тревога. Дети сидели дома. Вдруг Дмитрий Иванович, который в последние годы буквально никуда не ездил, зовет служителя Михайлу и посылает его за каретой. Он был в таком состоянии, что спрашивать его ни о чем нельзя было. Карету подали. Дмитрий Иванович простился с нами и уехал с Михайлой «куда-то». Только через шесть часов они возвратились — шесть часов наших мучений. Михайла рассказывал, как их нигде не пропускали, и они кружили по разным глухим местам, чтобы пробраться к дому Витте на Каменноостровском проспекте. Витте был дома и принял Дмитрия Ивановича. Возвратясь домой, бледный, молчаливый, он снял в кабинете портрет Витте и поставил его на пол к стенке (с тем, чтобы убрать его совсем) и сказал: «Никогда не говорите мне больше об этом человеке».

В 1905 году Менделеев подводил итог своей жизни и перечислял следы, которые останутся после него в науке. Менделеев пишет о причинах своего ухода из университета, вспоминает о царских министрах как о врагах русского просвещения и заканчивает свое письмо строками о промышленном развитии России. Он говорит, что во всех своих начинаниях он никогда не стремился к личной пользе, а исходил из интересов науки и промышленного развития страны.

20 января (ст. ст.) 1907 года Менделеев скончался, оставив в своем литературно-научном наследстве десятки замечательных химических, физических, технологических и экономических трудов.

МЕНДЕЛЕЕВ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ

В записях 1905 года, подводя итоги жизни и творчества, Менделеев с особенной силой подчеркивает свое постоянное стремление к прогрессу, свою глубокую веру в безграничность лежащих перед человечеством путей технического, научного и культурного развития, свою уверенность в том, что России предстоит гигантский расцвет промышленности и культуры. Во многих экономических, технологических и естественнонаучных работах Менде-

леев возвращается к мысли о безграничном прогрессе производительных сил.

В конце XVIII века английский реакционный экономист Мальтус заявил, что причиной бедности и источником всех зол, существующих на земле, является то обстоятельство, что население растет быстрее, чем производство продуктов. Мальтус стремился представить дело таким образом, будто не капиталистическая эксплуатация, а законы природы объясняют бедственное положение подавляющего большинства населения земного шара. Он говорил, что урожай и количество пищевых ресурсов и вообще вся сумма необходимых для человека вещей не может расти с той быстротой, с какой растет население. Эта лживая идея была направлена на оправдание капитализма.

Менделеев в самой резкой форме отбрасывал воззрения Мальтуса. Он писал, что даже при нынешних урожаях каждый гектар земли дает достаточно продуктов, чтобы прокормить двух человек, и поэтому на земле может прокормиться не меньше 8 млрд. человек. «Сейчас их, — продолжает Менделеев, — 1,6 миллиарда. Следовательно, всякие мальтусовские бредни ныне к делу не относятся; человечество их и не слушается, несомненно размножаясь». Далее Менделеев говорит, что население может достичь и гораздо больших размеров, так как урожайность непрерывно растет. Мало того, в отдаленном будущем можно будет получать питательные вещества на основе применения химических знаний. «Как химик, я убежден в возможности получения питательных веществ из сочетания элементов воздуха, воды и земли помимо обычной культуры, т. е. на особых фабриках и заводах, но надобность в этом еще очень далека от современности...»

Теснота земли не пугает Менделеева. «Мальтус, — говорит он, — не видел, что наука будет находить возможность расширения всех условий жизни, ни того, что только при тесноте населения и при развитии всяких видов промышленности является совершенно живая, насущная необходимость в просвещении, в развитии свободы труда и во всем прогрессе человечества».

В тесной связи с мыслью о безграничном научно-техническом прогрессе стоит идея Менделеева о развитии промышленности. В то время в России было немало реак-

ционных деятелей и писателей, заявлявших, будто все зло идет от городов, от промышленности, воспевавших старые феодально-крепостнические порядки, говоривших о городской «испорченности». В противовес им Менделеев подчеркивает прогрессивную роль городов, в которых сосредоточивается промышленность. Дальнейший прогресс, говорит Менделеев, состоит в переводе промышленности на более высокую техническую основу с широким использованием пара, электричества и источников гидроэнергии. С таким использованием связано широкое развитие науки.

Защищая и обосновывая мысль о промышленном развитии страны, Менделеев жестоко издевался над реакционными проповедями об ограничении потребностей. Некоторые журналисты и писатели утверждали, что счастье людей состоит в ограничении их потребности. Проповедовать «ограничение потребностей» в стране, где крепостническая и капиталистическая эксплуатация обрекала на полуголодную жизнь, а часто и на голодную смерть миллионы людей, могли лишь люди, чуждые народу. «Мне не хочется, — пишет Менделеев, — вдаваться в рассмотрение той слащавой мысли, что первым условием «блага народного» должно считать довольство первичными потребностями, т. е. сохранением лишь тех из них, которые возникли по совершенной необходимости: пищи, одежды, жилища и некоторых духовных надобностей. Не хочется мне этого делать уже по той причине, что, долго живши, я слышал речи подобного рода только от лиц с очень сложными потребностями, больше всего от литераторов, и никогда их не слышал ни от людей, которых привыкли называть средними или обычными, среди которых идет жизнь, ни от тех, кого называют простонародьем». Подчеркивая реакционный характер проповеди отречения от роста потребностей, Менделеев говорил, что сложность и рост потребностей людей является необходимым условием и результатом развития производства.

Центром общественных и научных интересов Менделеева были практические нужды России. Ратуя за максимальное развитие производительных сил, рост фабрик и заводов и расширение потребностей, он рисовал перспективы развития капиталистической промышленности. Он не видел и не понимал, что действительно безостановочный, всепобеждающий прогресс сил и знаний челове-

ства может происходить лишь в социалистическом обществе, что при капитализме плоды развития техники и науки достаются ничтожному меньшинству, а громадному, подавляющему большинству людей они несут унижение, тяжелые страдания, голод. В этом выражалась классовая ограниченность его мировоззрения.

В работах Менделеева мы встречаем критические замечания о капитализме. В своей книге «Толковый тариф» Менделеев говорит, что он, «как и большинство русского народа, видит зло капитализма, но не находит возможности обойтись без него» и рассматривает его «не как цель, а как неизбежное историческое средство, придуманное людьми подобно многому другому...» «Сюда, — пишет Менделеев, — не без колебаний в прошлом примкнула и моя мысль, а поэтому она непременно мирится с капитализмом и только стремится найти пути освобождения от его всепильного влияния и способы к обузданию его подчас неумеренных appetitов».

Таким образом, Менделеев разделял утопические представления, будто можно без ожесточенной классовой борьбы и победоносной революции освободить трудящихся от ига капитализма. Однако, не понимая глубины противоречий капитализма и не видя действительной перспективы избавления народа от нищеты и эксплуатации, Менделеев относился с глубоким отвращением к капиталистическому предпринимательству. Он передавал свои знания и открытия промышленности, но отбрасывал и отвергал всякие предложения, клонившиеся к тому, чтобы привлечь ученого к предпринимательской деятельности. Его удерживала от этого глубокая органическая связь с народом. Менделеев чувствовал, что пойти в лагерь «праздно ликующих» — это значит изменить совести ученого. Есть замечательная запись в его дневнике, относящаяся к самому началу 1862 года. В новогоднюю ночь Менделеев, находясь на заводе, вышел на улицу к реке. Размышляя о народе, о своем долге, о перспективах деятельности, он записал затем в своем дневнике:

«Январь, 1 час. Я вышел на улицу, или, вернее, к реке. Полная луна, снежная дорога, кругом лес, тишь, холод. Все это хорошо действует на меня. Мне полегче стало, а то было тяжело одному. Не в том дело, что... готовящийся год должен определить и мою судьбу. Времена тяжелые для старого, все трепещешь пожить новым, ото-

всюду слышатся небывалые, или мне незнакомые голоса, все требует замены. Хочется стать к народу поближе. Это нынче модная фраза, да ведь я не модник. Нет, мне прямо вольно с ним, с этим народом-то, я и говорю как-то свободней и меня понимает тут и ребенок. Мне весело с ним, к ним душа моя лежит».

Менделеев был сторонником покровительства капиталистическим фабрикам и заводам со стороны государства и, в частности, сторонником ввозных пошлин, защищающих русскую промышленность от конкуренции иностранных товаров. Такая политика капиталистических государств называется протекционизмом. Однако нужно сказать, что между Менделеевым и промышленниками-протекционистами, требовавшими в то время покровительственных пошлин и государственных субсидий, лежала пропасть. Менделеев говорил о пользе этих пошлин, исходя из бескорыстного и искреннего стремления к развитию производительных сил и освоению природных ресурсов страны, и, разумеется, его экономическая программа не сводилась к пошлинам. Эти пошлины, по мнению Менделеева, могли принести пользу промышленности лишь при условии повышения техники производства, организации новых производств, улучшения условий труда и уничтожения задерживающих промышленность пережитков прошлого. Без этого, говорит Менделеев, протекционизм не принесет пользы стране. Нужно сказать, что в конце прошлого века высокие пошлины на ввозимые в Россию товары были исторически необходимы. В одном из своих писем Энгельс говорит, что с 1861 года в России начинается развитие современной промышленности в масштабе, достойном великого народа, что в России развивается промышленность, основанная на применении пара, и при этих условиях России необходимы покровительственные пошлины. Далее Энгельс говорит, что, прочитав русские статьи, посвященные вопросу о пошлинах, он особенно заинтересовался работой Менделеева¹.

Несколько позже, в другом своем письме, Энгельс говорит, что развитие русской промышленности было необходимо для сохранения независимости России. «Стомиллионная нация, играющая важную роль в мировой исто-

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные письма, М., 1947, стр. 447.

рии, не могла бы при современных... условиях продолжать оставаться в том состоянии, в каком Россия находилась вплоть до Крымской войны. Введение паровых двигателей и машин, попытки изготовлять текстильные и металлические изделия при помощи новейших средств производства, хотя бы только для отечественного потребления, *должны* были иметь место раньше или позже, но во всяком случае в *какой-либо* момент между 1856 и 1880 годами»¹.

В тяжелых условиях, когда буржуазно-помещичьи круги не могли и не хотели использовать и сотой доли смелых технико-экономических проектов Менделеева, ученый продолжал выдвигать и обосновывать новые прогрессивные идеи перехода к новой технике, внедрения химической технологии в производство, создание новых отраслей промышленности, обеспечения химическими средствами земледелия, экономического подъема новых районов, завоевания Арктики.

Экономические замыслы Менделеева тесно связаны с его технологическими и естественнонаучными исследованиями. Примером могут служить работы Менделеева по нефтяной промышленности. Еще в начале 60-х годов Менделеев, побывав в Баку и в других нефтеносных районах, наметил новые пути использования жидкого горючего топлива. В то время добытую нефть привозили к морю на арбах в бочках и даже иногда в бурдюках. Менделеев предложил устроить трубопровод от нефтяных промыслов к заводам и морским пристаням, а затем перевозить ее в наливных баржах. Одновременно Менделеев говорил о необходимости такой химической переработки нефти, которая позволяла бы улавливать входящие в состав нефти ценные вещества. Менделеев глубоко интересовался проблемами добычи, транспорта и переработки нефти. Ему пришлось при этом сталкиваться с противодействием промышленников. В 80-е годы, когда нефтяная промышленность шагнула вперед, когда в районе Баку существовали уже сотни буровых скважин, имелись нефтеналивные суда и первый трубопровод, Менделеев особенно энергично указывал на необходимость химической переработки нефти. Сжигать нефть под кот-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные письма, М., 1947, стр. 450.

лами, говорил он, обидно, это все равно что топить бумажными деньгами — ассигнациями. Однако нефтепромышленники, получавшие громадные доходы за счет хищнической эксплуатации русской нефти, были совсем не склонны осуществлять замыслы Менделеева. Несмотря на их противодействие, Менделеев продолжал пропагандировать мысль о расширении нефтеналивного флота и создании нефтепровода Баку — Черное море. Нефть нужно доставлять к Черному морю, «чтобы там основались заводы для переделки нефти в тяжелые осветительные масла и чтобы «остатки» от этого и от естественного повышения цен сырой нефти настолько поднялись в цене, чтобы ими можно было топить паровики только в особо исключительных случаях. От этого, по моему разумению, не только выиграет все наше нефтяное дело, но и добыча каменного угля может быстрее, чем ныне, возрасть, а с тем выиграет вся русская промышленность».

Чтобы способствовать созданию нефтеперерабатывающей промышленности, Менделеев вел широкие исследовательские работы, конструировал новые приборы для исследования нефти, производил химические анализы нефти из разнообразных районов. Эти технологические изыскания были связаны с естественнонаучными трудами, приведшими Менделеева к новой теории происхождения нефти. В своей теории Менделеев исходил из широких обобщений. По словам Менделеева, правильное использование нефти должно быть основано на ясном представлении о распространении нефтяных богатств, а это в свою очередь требует выяснения, где нефть может быть найдена. Ответить на этот вопрос можно на основе широких теоретических обобщений, относящихся к истории земной коры, Земли и даже всей солнечной системы. Менделеев думал, что нефть образуется в результате реакций, происходящих в глубине Земли при высокой температуре и высоком давлении. Вода, просачивающаяся в глубь Земли, действует на находящееся там углеродистое железо. «Когда остывающая земля покрылась современной земною корою и окислами, спрятав в ядро жар солнца и углеродистое железо, она стала сжиматься, и от этого охлаждения произошли в коре складки и трещины... Так образовались горные хребты. Загнутые вверх пласты дали трещины в предгорьях; через эти трещины вода проникла в глубь земли; встретив раскаленное углеродистое

железо, она образовала нефть и нефтяные газы». Теория Менделеева встретила серьезные возражения, и в настоящее время наука пришла к представлению об органическом происхождении нефти — из остатков животного и растительного мира.

В добыче и использовании угля широкую известность приобрела выдвинутая Менделеевым идея подземной газификации. В 1888 году в статье «Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца» Менделеев говорил о возможности таких искусственных подземных пожаров, когда угольные пласты, подвергаясь неполному сгоранию, служили бы источником горячего газа, который может подниматься на поверхность и использоваться в качестве удобного топлива для промышленности. Впоследствии, побывав в 1899 году на Урале, Менделеев писал о подземных пожарах. «По поводу этих пожаров каменноугольных пластов мне кажется, что ими можно пользоваться, управляя ими и направляя дело так, чтобы горение происходило, как в генераторе, т. е. при малом доступе воздуха. Тогда должна происходить окись углерода и в пласте должен получаться «воздушный» или генераторный газ. Пробував в пласту несколько отверстий, одни из них должно назначить для введения — даже вдувания воздуха, другие для выхода — даже вытягивания (например, инжектором) — горючих газов, которые затем легко уже провести даже на далекие расстояния к печам. А так как на горючих газах ныне — в регенеративных и рекуператорных мартеновских печах — достигаются высокие температуры, теми же газами топят паровики, ими действуют сильнейшие взрывные машины и на них можно поставить динамомашину, а ими передать силу на любое расстояние, то если бы удалось управиться с подземными пожарами каменных углей, можно было бы этим способом сделать много промышленных, особенно металлургических, дел. Особенно достойна для начала опыта попытка превращения под землей в горючие газы таких тонких — тоньше аршина — пластов каменных углей, которые обычными способами не эксплуатируются»¹.

Значительно позже ту же идею подземной газификации высказал независимо от Менделеева крупный англий-

¹ Д. И. Менделеев. Уральская железная промышленность в 1899 г., С.-Петербург, 1900, стр. 401.

ский химик Вильям Рамсей. В статье «Одна из великих побед техники» («Правда», 4 мая 1913 г.) Ленин писал, что подземная газификация «...превращает каменноугольные рудники как бы в громадные дистилляционные аппараты для выработки газа. Газ приводит в движение газовые моторы, которые дают возможность использовать *вдвое большую* долю энергии, заключающейся в каменном угле, чем это было при паровых машинах. Газовые моторы, в свою очередь, служат для превращения энергии в электричество, которое техника уже теперь умеет передавать на громадные расстояния.

Стоимость электрического тока понизилась бы, при таком техническом перевороте, до *одной пятой*, а может быть даже до *одной десятой* теперешней стоимости. Громадная масса человеческого труда, употребляемого теперь на добывание и развозку каменного угля, была бы сбережена. Использовать можно было бы даже наиболее бедные и неразрабатываемые ныне залежи каменного угля. Расходы на освещение и отопление домов понизились бы чрезвычайно»¹.

Ленин говорит о коренном изменении техники угольной промышленности, об использовании горючего газа в специальных высокоэкономических двигателях внутреннего сгорания, о получении электроэнергии и снижении ее стоимости и о коренной реконструкции производства и быта на основе электрификации.

Технико-экономические проекты Менделеева воплотились в жизнь лишь в условиях социалистического производства. В Советском Союзе подземная газификация получает распространение.

Менделеев говорил также о газификации твердого топлива, добытого из шахт. В «Толковом тарифе» он писал: «Думаю, что время выгоды устройства общих заводов для переделки топлива в горючие газы недалеко, потому что города сильно растут, заводы и фабрики скопляются около них и топливо здесь идет в громадных размерах, а сокращение хлопот и расходов с развозкою топлива, с истопниками, с заботою об экономии топлива и с необходимостью во многих случаях высокой температуры — должны дать значительные сбережения при употреблении газового топлива... Особенно вероятно полное

¹ В. И. Ленин. Сочинения, т. 19, стр. 41—42.

превращение угля в так называемый «водяной газ». Вероятность близости времени для подобной фабрикации возрастет по мере удешевления труб, составляющих поныне большую капитальную затрату при устройстве способов распределения газа и проведения его на длинные расстояния. Вот сюда должна направляться изобретательность людей».

Менделееву принадлежит, в частности, мысль о передаче горючего газа в Москву. В «Учении о промышленности» он говорит: «Было бы весьма возможно и выгодно устроить большие газопроводные трубы до самой Москвы, что обеспечило бы широкое развитие в этом центре России многих видов промышленности, требующих много топлива, например, в мануфактурах для движения станков, для чего можно было бы также получать электрический ток около копей и проводить его до Москвы».

Менделеев в ряде своих работ говорил о внедрении новейшей химической техники в ряд отраслей производства, в которых в то время химическая технология не применялась. Отсюда следует, что в стране, которая хочет идти по пути технического прогресса, должно быть создано производство химических веществ, необходимых для других отраслей хозяйства. Он писал: «...Химические заводы не только дают новую жизнь множеству других фабрик и заводов, но и оживляют горное дело и вообще добывающие промыслы... Вся промышленность... не может быть считаемая правильно поставленной, если не опирается на развитие химических заводов».

Постройка химических заводов, говорит Менделеев, освободит русскую промышленность от импорта важных и необходимых видов промышленного сырья и позволит широко использовать ресурсы страны.

Из экономических и технологических идей Менделеева вытекали перспективы развития различных районов страны. Особенно подробно они разработаны в отношении Урала. Побывав в 1899 году на Урале, Менделеев в следующем году выпустил книгу об уральской металлургии, в которой он говорит о необходимости максимального развертывания добычи железной руды и одновременно поисков и эксплуатации топливных ресурсов края. Сам Менделеев применял для поисков железных руд новый метод: он использовал магнитный метод разведки рудных недр Урала. Менделееву принадлежат широкие

планы мощных комбинированных заводов, которые бы использовали уральскую руду и местный уголь. Вместе с тем Менделеев намечал перспективы упорядочения лесного хозяйства Урала и улучшения путей сообщения.

Для Донецкого бассейна Менделеев намечал и обосновывал ряд мероприятий, охватывающих развитие добычи каменного угля, использования глубоко лежащих пластов и реконструкцию транспортных путей.

Менделеев выдвигал смелые проекты изучения и освоения русского Севера. Он поддерживал начинания известного русского флотоводца и ученого адмирала С. О. Макарова, задумавшего достичь высоких широт в Арктике с помощью ледокола. Менделеев и Макаров говорили, что, ломая льды ледоколами, можно не только расширить перевозку грузов по Северному Ледовитому океану и сибирским рекам, но и достичь Северного полюса и других пунктов Ледовитого океана, куда в то время еще не достигали путешественники. Переписка Макарова с Менделеевым в очень живой и яркой форме показывает, какими смелыми идеями были воодушевлены передовые русские мыслители прошлого и как эти идеи не находили осуществления в дореволюционное время.

Важным стыком естественнонаучных интересов Менделеева и его практических стремлений была проблема воздухоплавания. Менделеев всю жизнь чрезвычайно интересовался учением о газах, и, как мы увидим ниже, ему принадлежат в этой области крупные открытия. Изучая разреженные газы, Менделеев заинтересовался верхними слоями атмосферы. «Этот интерес, — писал Менделеев, — привел меня в область метеорологии верхних слоев воздуха. А отсюда прямой переход к изучению воздухоплавания, дающего единственную возможность познать эти неизведанные края океана, омывающего сушу и воду. Мною овладело желание проверить на особо приспособленном аэростате тот закон перемены температуры с давлением разных слоев атмосферы, который я вывел... из совокупности имеющихся до сих пор наблюдений, произведенных при высоких аэростатических поднятиях, начатых в России Захаровым и выполненных потом французами и англичанами, соперничающими друг перед другом в опытном изучении верхних слоев атмосферы».

Русская научно-техническая мысль в области воздухоплавания обладала в то время длительной историей. Мен-

делеув упоминает об академике Я. Д. Захарове, который в 1804 году в Петербурге поднялся на аэростате на высоту 2550 метров. Его полет продолжался 3 часа 45 минут. Захаров впервые применил аэростат для научных целей. Этот полет представляет выдающийся интерес для истории воздухоплавания, так как здесь впервые был использован ряд приборов, применяемых и поныне.

Полеты на аэростатах, развитие техники воздухоплавания и применение воздухоплавания для научных и практических целей продолжались в течение всего XIX века, причем темпы научно-технического прогресса в этой области стали особенно быстрыми начиная с конца 60-х годов. Здесь большое значение имели систематические исследования, начатые с 1869 года в русской армии.

Созданная Военным министерством Комиссия по применению воздухоплавания к военным целям произвела ряд исследований и изучила возможности наблюдений с аэростатов за продвижением войск и корректировки артиллерийской стрельбы по невидимым с земли целям. К исследованиям в области воздухоплавания была привлечена широкая научная общественность, в частности Русское физико-химическое общество. С 1880 года в Петербурге начал выходить журнал «Воздухоплаватель». В 1885 году в Петербурге же была создана первая кадровая команда военных воздухоплавателей, впоследствии названная «учебным воздухоплавательным парком». Одновременно участились полеты на аэростатах, связанные с метеорологическими и другими научными целями.

В это же время разрабатывались научные предпосылки авиации. В 1869 году А. Н. Лодыгин, выдающийся русский инженер и изобретатель ламп накаливания, выдвинул проект геликоптера с электрическим двигателем, в 60—70-е годы метеоролог академик М. А. Рыкачев, а несколько позже русский кристаллограф Е. С. Федоров выступили с важными теоретическими исследованиями, посвященными подъемной силе винтов и математическому расчету возможности использования винтов для полетов.

Менделеев, с его постоянным интересом к научно-техническим запросам практики, был энергичным участником всех крупных начинаний в этой области. Следует особо упомянуть о поддержке, которую он оказывал из-

вестному конструктору А. Ф. Можайскому и другим пионерам авиации и воздухоплавания.

В 1875 году Менделеев выдвинул идею стратостата. Он говорил о большом аэростате, к которому будет прикреплен «герметически оплетенный упругий прибор для помещения наблюдателя, который будет тогда обеспечен сжатым воздухом и может безопасно для себя делать наблюдения и управлять шаром». Менделеев не только проектировал стратостат, осуществленный значительно позже, но и разрабатывал план исследований на воздушном корабле, который мог бы подняться в очень высокие слои атмосферы. В этот же период Менделеев выдвинул проект управляемого аэростата и произвел расчеты, необходимые для его конструирования. Менделеев поддерживал постоянную связь с учеными, конструкторами, воздухоплатателями как в России, так и за границей. Он понимался на аэростате, и его интерес к области воздухоплавания носил постоянный характер. Вместе с тем Менделеев внес вклад и в создание научных основ конструирования и применения аппаратов тяжелее воздуха, иными словами, в создание основ авиации.

Менделеев видел громадное практическое значение воздухоплавания и авиации для России. Россия, по его словам, «владеет обширнейшим, против всех других образованных стран, берегом еще свободного воздушного океана». Он решил внести свой вклад в разработку научных основ воздухоплавания и авиации. «Главную подготовку для овладения воздушным океаном, первое орудие борьбы, по его словам, — составляет знание сопротивления среды, или изучение той силы, против которой придется бороться, побеждая ее соответствующими средствами, в том же сопротивлении жидкостей берущими свое начало». Менделеев вычислял работу, затрачиваемую для преодоления сопротивления воздуха, формулировал законы движения жидкостей и газов, и эти работы оказали важное влияние на развитие теоретических основ воздухоплавания и авиации. Менделеев произвел ряд теоретических исследований и экспериментов и вместе с тем неустанно пропагандировал необходимость изучения законов движения тел в жидкостях. Книга Менделеева «О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании», по словам великого русского механика, «отца русской авиации» Н. Е. Жуковского, «может служить основным руко-

водством для лиц, занимающихся кораблестроением, воздухоплаванием или баллистикой».

Изучая верхние слои атмосферы и разрабатывая вопросы давления воздуха в связи с задачами воздухоплавания, Менделеев видел громадное значение верхних слоев атмосферы для погоды. Эти верхние слои Менделеев называл «лабораторией погоды». Им овладела мысль самому подняться на аэростате. В 1887 году Менделеев поднялся на военном воздушном шаре для наблюдения полного солнечного затмения и подготовил затем статью «Подъем на воздушном шаре в Клину», где описывал полет, а также впечатления и настроение исследователя. Его очень радовал общественный интерес к полету. Менделеев поднялся над облаками, произвел наблюдения затмения и метеорологических явлений.

Ширина и объем химико-технологических исследований, опыт естествоиспытателя-новатора были основой другой научно-технической победы Менделеева — изобретения нового вида бездымного пороха. До 80-х годов XIX века в армиях и флотах всего мира применялся по преимуществу черный порох (в основном состоявший из калиевой селитры, серы и угля). Черный порох называется также дымным. При сгорании этого пороха менее половины вещества превращается в пороховые газы, выталкивающие снаряд из канала ствола, а больше половины превращается в дым, позволяющий противнику судить о месте выстрела. Кроме того, черный, дымный, порох отличался легкой воспламеняемостью, и поэтому производство и хранение его было опасным. Издавна делались попытки получить порох, лишенный этих недостатков. Уже в 30-е годы XIX века был получен пироксилин — клетчатка (например, бумага), опущенная в азотную кислоту и затем вымытая водой и просушенная. Пироксилин при сгорании не дает дыма. Его пытались применить для армии и флота и заменить им черный порох. Но пироксилин обладал недостатками. Прежде всего он был химически нестойким, подвергался самовозгоранию, и многочисленные взрывы складов в конце концов привели к прекращению опытов с пироксилином в некоторых государствах. Кроме того, горение пироксилина было неравномерным, и это отражалось на качестве стрельбы. Дальнейший технический прогресс уменьшил опасность самовозгорания, но другие недостатки пирок-

силины сохранились. Он был недостаточно компактным, накаленный газ проходил через заряд, и он воспламенялся сразу весь, что вызывало высокие давления, приводившие к порче орудия. В 80-е годы был получен компактный пироксилин. Его смешивали с летучим растворителем, а затем под прессом получали пластинки различной толщины. Эти пластинки высушивались, растворитель улетучивался, и таким образом можно было располагать компактными роговидными пластинками желательной толщины. Оказалось, что эти пластинки сгорают параллельными пластами и поэтому время горения зависит от толщины пластинок. Таким образом, можно было управлять скоростью горения. Но до получения вполне пригодного бездымного пороха было еще далеко. Морское министерство обратилось в это время к русским ученым, и вскоре к разработке проблемы бездымного пороха был привлечен Менделеев. В одной из своих записок ученый говорил: «Бездымный порох составляет новое звено между могуществом стран и научным их развитием. По этой причине, принадлежа к числу ратников русской науки, я на склоне лет и сил не осмелился отказаться от разбора задач бездымного пороха, когда... угодно было обратиться ко мне с вопросами, относящимися до вводимого в армии и флоте бездымного пороха».

Менделеев был убежден, что ему удастся дать русскому флоту бездымный порох с высокими баллистическими качествами, устойчивый, получаемый сравнительно легким и простым способом. Пироксилиновый порох оказывался при существовавших тогда методах производства неоднородным. При сгорании такого неоднородного пороха различные части сгорали с различной скоростью, и это приводило к неожиданно быстрому повышению давления в канале и иногда к разрыву орудия. Эти недостатки оказывались решающими, когда речь шла об орудиях крупных калибров.

Менделеев решил получить из нитроклетчатки однородный бездымный порох с высокими баллистическими свойствами, производимый сравнительно простыми технологическими методами. К этой задаче Менделеев подошел как подлинный ученый. Он выдвинул исходное требование: нитроклетчатка должна была выделять наибольшее количество пороховых газов на единицу веса. От чего зависит выполнение такого требования, какая нитро-

клетчатка будет давать наибольшее количество газов, выбрасывающих снаряд и наименьший остаток углерода? Такая нитроклетчатка, отвечает Менделеев, должна содержать в своем составе достаточно кислорода, чтобы весь углерод превращался в окись углерода и весь водород в воду. Отсюда Менделеев выводил требующийся состав нитроклетчатки и указывал формулы химической реакции ее сгорания. И вот Менделеев, исходя из точного теоретического расчета, подошел к замечательному экспериментальному результату. Работая вместе с И. М. Чельцовым и другими сотрудниками, он в результате работ 1890—1892 годов получил нитроклетчатку, легко растворимую в смеси спирта с эфиром и обладающую составом, обеспечивающим необходимые качества бездымного пороха. Один из сотрудников Менделеева вспоминал, как в университетской лаборатории Менделеев показывал пробирку, где в смеси спирта с эфиром быстро, как сахар, растворялись кусочки нитрованной бумаги. Новую нитроклетчатку Менделеев назвал «пироколлодием». Стрельба пироколлодийным порохом дала блестящие результаты. Артиллеристы отмечали постоянство начальных скоростей вылета снарядов. В 1893 году бездымный порох Менделеева был применен для стрельбы из 12-дюймового орудия. Адмирал Макаров поздравил Менделеева с успешными результатами этой стрельбы. Наконец, флот мог располагать бездымным порохом.

Высокий уровень русской научно-технической мысли, экспериментальные и теоретические способности Менделеева сделали Россию родиной бездымного пороха, применимого для артиллерии крупных калибров и обладающего явными преимуществами перед ранее применявшимися взрывчатыми веществами. Однако сухопутное военное ведомство вовсе не приняло пироколлодийного пороха, а для флота его изготавливали в совершенно недостаточных количествах. В конце века морское ведомство, отказавшись от расширения принадлежавшего ему завода, передало крупный заказ на порох частным капиталистам, связанным с иностранным капиталом. В 1909 году завод, изготовлявший пироколлодийный порох, был закрыт. В Америке в то время узнали об открытии Менделеева и начали производство бездымного пороха по его методу.

Менделеев уделял большое внимание вопросам просвещения и школы. Он ратовал за введение в России всеобщего обязательного начального образования. Он подчеркивал необходимость ознакомления молодежи с русской культурой, языком и литературой. В то время среднее образование в России было основано на так называемой классической системе: учащимся преподавали в основном греческий и латинский языки. Менделеев был сторонником так называемого реального образования, знакомящего учащихся в значительно большей степени с математикой, естествознанием и современной культурой.

ФИЗИЧЕСКИЕ ИДЕИ И ОТКРЫТИЯ

В своих естественнонаучных работах Менделеев исходил из материалистического представления о природе; он был убежден в материальности и познаваемости мира. Он пришел к периодическому закону, исходя из идеи взаимной связи и превращения сил природы. Менделеев писал об открытии периодического закона: «Сущность понятий, вызывающих периодический закон, кроется в общем физико-математическом начале соответствия, превращаемости и эквивалентности сил природы».

Менделеев говорил, что естествознание открывает движение там, где на первый взгляд его не видно.

«Естественники, — писал он, — признали жизнь во всем мертвом, движение в каждом твердом теле, в каждой малейшей частице жидкости, чрезвычайно быстрые и поступательные движения в атоме газа. Для них оживотворенно то, что в общежитии считается неподвижным. Им немислимо ныне представление о малейшей частице материи, находящейся в покое».

Менделеев резко возражает против идеалистических рассуждений о движении без материи. Он пишет: «Движение требует и предполагает движущееся...» Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» разбил взгляды немецкого химика Оствальда, заявлявшего в конце XIX века, будто в мире существует лишь энергия без ее носителя. Такое воззрение было названо «энергетикой», или «энергетизмом». Менделеев выступил против «энергетики» Оствальда. Он видел, что отрицание материи, отрицание вещества, сведение вещества к проявле-

нию энергии ведет к отрицанию внешнего мира, к провозглашению внешнего мира субъективным представлением познающего «я». По словам Менделеева, «энергетики вовсе отрицают вещество, ибо, говорят они, мы знаем только энергию, веществом предъявляемую... и, следовательно, вещество есть только энергия. Такое, на мой взгляд, чисто схоластическое представление очень напоминает тот абстракт, по которому ничего не существует, кроме «я», потому что все проходит через сознание».

В своей критике идеализма Менделеев подчеркивал, что идеализм в принципе не отличается от самого грубого суеверия, вроде распространенного в те времена в некоторых кругах «спиритизма» — веры в «духов», которых будто бы можно вызывать и беседовать с ними. Основа спиритизма, говорит Менделеев, неправильная, ложная мысль о самостоятельном существовании сознания, о сознании, не связанном с материей. «Оставаясь на подобном поле, легко впасть в тот род идей, по которому внешнего мира не существует, он только представляется нашему уму». Менделеев говорил об этом в связи с начатой им борьбой против спиритизма. В 1875 году он предложил Русскому физико-химическому обществу составить комиссию из ученых и проверить «вызовы духов», о которых говорили сторонники спиритизма, среди которых был кое-кто из крупных ученых. Работа комиссии приобрела широкую известность. Энгельс упомянул о ней в своей статье «Естествознание в мире духов»¹. В этой статье Энгельс говорил, что естествоиспытатели, оторвавшиеся от научной философии, всегда рискуют стать жертвами самого крайнего легковерия и суеверия. Энгельс писал: «...Эмпирическое презрение к диалектике наказывается тем, что некоторые из самых трезвых эмпириков становятся жертвой самого дикого из всех суеверий — современного спиритизма»².

Менделеев, с его материалистическими представлениями о явлениях природы, естественно, стал руководителем группы прогрессивных ученых, выступивших против спиритизма.

Спиритизм был связан с прямым обманом и самым нелепым легковерием. Менделеев боролся и против дру-

¹ См. Ф. Энгельс. Диалектика природы, М., 1941, стр. 36.

² Ф. Энгельс. Диалектика природы, М., 1941, стр. 38.

гих, более тонких проявлений идеалистической реакции. Выше говорилось об оствальдовской «энергетике». В конце прошлого века некоторые идеалисты и в особенности Мах, философия которого была разгромлена Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме», выступили с заявлением, что учение об атомах — это чисто субъективное представление, что нельзя говорить о действительном существовании атомов. Менделеев защищал мысль о реальности атомов.

Убеждение в объективности научных законов, в материальности и познаваемости мира, в реальности атомов, мысль о непрерывном движении в природе, единстве и взаимной связи ее явлений проходит через все естественнонаучные труды Менделеева. Мы остановимся сейчас на физических трудах великого русского ученого.

Мы уже упоминали выше о работах, посвященных молекулярному сцеплению, начатых Менделеевым в юности. Эти работы были тесно связаны с химическими идеями Менделеева. Он хотел выяснить природу химических сил, заставляющих соединяться друг с другом атомы различных элементов. Менделеев стремился проникнуть в тайны химического сродства с физическими понятиями. Это было важным этапом в развитии физической химии, поднявшейся на новый уровень во второй половине XIX века благодаря трудам Менделеева.

Современная наука решает проблему химического сродства, пользуясь новыми мощными методами изучения явлений, происходящих внутри атома. Это было сделано значительно позже появления работ Менделеева, посвященных периодическому закону, и в значительной степени — на основе этого закона. После того как Менделеев, открыв периодический закон, показал связь различных элементов друг с другом, после того как было выяснено внутреннее строение атомов и явления, происходящие внутри атомов, наука смогла разъяснить природу химического сродства и валентности, т. е. способности атома присоединять к себе совершенно определенное число других атомов.

В 1860 году Менделеев еще не мог проникнуть в этот внутриатомный мир и найти причины химического сродства и валентности. Но его работы, посвященные молекулярному сцеплению, привели к крупному физическому открытию. Чтобы измерить силы молекулярного

сцепления и выяснить, от чего зависит связь частиц жидкости, Менделеев пользовался тонкими капиллярными трубками, погруженными в жидкость. По таким трубкам жидкость, смачивающая их стенки, как известно, поднимается вверх. Сцепление частиц служит причиной такого подъема. Чем сильнее сцепление, тем выше поднимается жидкость. Таким образом столбик поднявшейся по капиллярной трубке жидкости измеряет силы молекулярного сцепления.

Менделеев изучал, как изменяется высота столбика, иначе говоря, как изменяются силы молекулярного сцепления в зависимости от температуры жидкости. Он нагревал жидкость, при этом молекулы жидкости начинали быстрее двигаться, связь между ними уменьшалась, и столбик в капиллярной трубке соответственно становился меньше. При определенной температуре сцепление частиц жидкости исчезало, жидкость превращалась в пар, в котором молекулы находятся в таком быстром движении, что взаимное притяжение не удерживает их друг около друга. Температуру, при которой даже при очень высоком давлении исчезают силы сцепления между молекулами жидкости, Менделеев назвал абсолютной температурой кипения жидкости. Ныне подобная температура называется критической. Когда тело нагрето выше этой температуры, всякая жидкость независимо от давления превращается в пар. В свою очередь всякий газ при охлаждении, достигая этой температуры, может быть превращен в жидкость.

Таким образом, при определенных условиях каждую жидкость можно превратить в газ и каждый газ — в жидкость. Однако такое превращение происходит, когда температура повышается (либо понижается) до абсолютной температуры кипения. Фарадей и другие физики и химики XIX века пытались, применяя высокие давления, сжать различные газы и превратить их в жидкости и во многих случаях достигали успеха. Однако, работая с некоторыми газами, они не могли достичь этой цели, и таким образом возникло ошибочное представление о «постоянных газах»: кислороде, водороде, азоте. Менделеев разъяснил, что такие газы нельзя было превратить в жидкость потому, что температура оставалась выше абсолютной температуры кипения, т. е., говоря современным языком, — выше критической температуры. Открытие

Менделеева дало громадный толчок физике газов. В 70-е годы Л. Кайете и Р. Пикте удалось охладить воздух до температуры -184°C и получить жидкий воздух. Несколько раньше ученые получили жидкую углекислоту. В конце XIX века удалось превратить в жидкость водород, а в начале нашего столетия Каммерлинг-Оннес получил в виде жидкости последний из «постоянных газов» — гелий. В дальнейшем стала развиваться во многих направлениях важная в практическом и теоретическом отношении отрасль физики — физика низких температур. В Советском Союзе работает несколько крупных лабораторий, в которых, в частности, исследуются замечательные свойства различных веществ при низких температурах вблизи температуры абсолютного нуля (-273° , 13 по обычной шкале Цельсия).

Менделеев впоследствии не раз возвращался к вопросу о поведении газов и жидкостей и к разработке учения о молекулах, их движении, взаимном тяготении и отталкивании. Итогом длительных экспериментальных и теоретических исследований была работа Менделеева об упругости газов. Именно эта работа и привела Менделеева к метеорологическим исследованиям и разработке научных основ воздухоплавания, конструированию стратостата и автоматических записывающих приборов, которые можно было поднимать в атмосферу без наблюдателя.

Эта работа по упругости газов имела еще один практический результат — создание высотомера, т. е. прибора для определения высоты точки над уровнем моря. Обычный барометр показывает величину атмосферного давления, по которой можно судить о высоте точки, в которой производится наблюдение. В приборе Менделеева — высотомере отмечались лишь *изменения* атмосферного давления. Кран прибора запирался, и после этого прибор регистрировал лишь увеличение и уменьшение давления, причем указывал эти изменения с большой точностью. Топографы Генерального Штаба вскоре применили изобретение Менделеева для составления карт, где нужно указывать высоту различных точек над уровнем моря.

Из других коренных вопросов физики Менделеева в течение всей его жизни интересовала проблема тяготения. Менделеев производил экспериментальные работы по весьма точному взвешиванию тел. В Палате мер и весов

Менделеев производил тысячи экспериментов с тем, чтобы разработать методику точного взвешивания. Это было необходимо для получения образцовых гирь. В результате этих исследований точность взвешивания увеличилась в сто раз по сравнению с достигнутой ранее. Менделеев учитывал самые тонкие воздействия внешней среды, которые могли изменить результат взвешивания. Он, например, указывал на теплоту тела наблюдателя, которая может изменить показания точных весов, и помещал между наблюдателем и весами толстую деревянную доску, обитую жестью и оклеенную станиолом.

Наряду с собственно физическими проблемами Менделеева всегда интересовали вопросы, находящиеся на стыке между физикой и химией. Его не оставляла надежда перебросить мост между физическими теориями, описывавшими движение молекул газов, и химическими теориями, относящимися к образованию молекул из атомов. Поэтому Менделеев с такой энергией разрабатывал проблемы физической химии и ее практических применений. Среди физико-химических трудов Менделеева важное значение для современной науки приобрела выдвинутая им химическая теория растворов. В 1865 году в работе «О соединении спирта с водой» Менделеев описывал изменения плотности раствора спирта в воде в зависимости от процентного содержания спирта. Он доказывал существование связи между молекулярными и атомными явлениями, утверждал, что при изучении растворов обнаруживаются не только физические закономерности, но и химические.

В те годы большинство химиков резко разграничивало растворы и химические соединения. Господствовавшая физическая теория растворов рассматривала растворенное вещество как совокупность молекул, распространившихся между молекулами растворителя, и отрицала наличие химических связей между веществами, входящими в раствор. Напротив, химическая, или гидратная, теория утверждала, что между ними существует химическое взаимодействие. Химические соединения отличаются постоянным составом. Вода всегда состоит из одной весовой части водорода и восьми весовых частей кислорода. Разложив любые девять граммов воды, мы всегда получим один грамм водорода и восемь граммов кислорода. Таким постоянным составом отличаются

и прочие химические соединения. Иное дело растворы. Если мы насыплем соду в сосуд с водой, то можно, прибавляя соду, делать раствор более концентрированным и, напротив, можно подлить в сосуд каплю, ложку, стакан — любое количество воды, и все равно мы будем иметь перед собой раствор соды, но все уменьшающейся концентрации. Таким образом, раствор этот переменного состава, в нем составные вещества могут быть представлены в самых различных весовых отношениях.

Менделеев убедительно доказал, что, несмотря на такое коренное различие между растворами и химическими соединениями, между ними существует связь — в растворах происходят химические взаимодействия между смешанными веществами. В своей капитальной работе, написанной в 1887 году, «Исследование водных растворов по удельному весу» Менделеев писал: «Я верю в то, что удельный вес растворов, как и другие их свойства, все более и более при дальнейшем изучении предмета станут искоренять убеждение о механической простоте растворения и все определеннее и яснее, реальнее и несомненнее станут убеждать в существовании чистого химизма при акте растворения».

В дальнейшем физическая теория растворов достигла больших успехов. Следует отметить, что в воззрениях Менделеева чисто физические представления соединялись с утверждением о химических связях в растворах. Именно Менделеев значительно раньше других химиков отметил столь важное для теории слабых растворов значение физического представления о распылении частиц растворимого вещества, подобно рассеянию газа. В 1887 году он писал: «Я уже давно рассматривал разбавленные растворы как наиболее интересные и представлял их себе аналогично более рассеянному или распыленному состоянию материи в парообразной форме».

В «Основах химии» Менделеев говорил, что правильная теория растворов должна учитывать как химическое взаимодействие веществ, так и чисто физическую сторону дела — распыление молекул одного вещества среди молекул другого.

«Две указанные стороны растворения и гипотезы, до сих пор приложенные к рассмотрению растворов, хотя имеют отчасти различные и сходные точки, но, без всякого сомнения, со временем, по всей вероятности, приведут

к общей теории растворов, потому что одни общие законы управляют как физическими, так и химическими явлениями».

Менделеев исследовал зависимость свойств растворов от их состава. Эти исследования получили впоследствии широкое развитие.

В советской химии достигло мощного развития направление физико-химического анализа, преемственно связанное с менделеевской теорией растворов. Н. С. Курнаков (1860—1941) и его ученики собрали и обобщили обширнейшие материалы о зависимости свойств растворов от их состава. Физико-химический анализ дал чрезвычайно важные результаты для современной техники.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Напомним читателю о наиболее крупном событии в жизни Менделеева и одном из крупнейших событий в истории науки. В 1869 году Менделеев, расположив известные в то время химические элементы в определенном порядке (в общем соответственно возрастанию атомного веса), обнаружил периодичность химических и некоторых физических свойств простых тел и соединений элементов. Ученый пришел к периодической системе химических элементов. Он составил таблицу элементов, написав их названия один за другим в порядке возрастания атомного веса и расположив элементы со сходными химическими свойствами один под другим. При этом в столбцах таблицы — группах — оказались элементы со сходными свойствами. Эта таблица известна читателю: ее изучают во всех школах мира, ее подробно излагают во всех учебниках химии, и мы остановимся лишь на некоторых вопросах и сторонах периодической системы Менделеева, чтобы дать представление об историческом значении научного подвига великого русского ученого.

Открытие Менделеева — важная веха в истории представлений о природе. Уже великие мыслители древности Левкипп, Демокрит и Эпикур говорили о мельчайших невидимых частицах вещества, из которых состоят все тела природы. Древняя атомистика возродилась, когда естествознание начало свою историческую борьбу против средневековой схоластики. В XVII—XVIII веках все кофигеи естествознания размышляли о неделимых частицах,

движение которых должно объяснить всю совокупность физических и химических явлений. Напомним о трудах Ломоносова, который, рисуя картину движущихся невидимых частиц, искал в ней ответа на вопросы о природе теплоты, упругости газов, химических реакций и множества других процессов.

В XIX веке картина движущихся и сталкивающихся молекул превратилась в стройное, детально разработанное, подтвержденное множеством экспериментов и практических применений учение — молекулярную физику. Одновременно химия получила множество достоверных знаний о составе различных молекул. Но внутрь атома наука еще не проникла, до этого было далеко. Объяснить различия атомов и, следовательно, различия между химическими элементами структурой атомов, числом и расположением входящих в них частиц можно было после того, как ряд крупных открытий, прежде всего открытие периодической системы, продемонстрировали известный порядок в свойствах атомов. Теперь каждое предположение о внутренней структуре атома должно было объяснить, почему при возрастании атомного веса периодически повторяются свойства элементов. Тем самым наука получила прочную опору и вместе с тем мощный стимул для дальнейшего движения. Большое значение при этом имела широта открытого Менделеевым периодического закона.

У Менделеева были предшественники, заметившие повторение свойств элементов. Но никто из этих предшественников, говоривших о сходстве между некоторыми свойствами различных элементов, не создал единой системы, объясняющей всю совокупность химических явлений.

Такую систему создал Менделеев. Он рассказывал, как в течение долгого времени происходили поиски, приведшие к открытию. На картонных карточках Менделеев писал названия элементов, атомные веса и отмечал формулы важнейших соединений. Особенное внимание он обращал при этом на валентность, т. е. на способность атома данного элемента соединяться с определенным числом атомов другого элемента. Менделеев раскладывал эти карточки в разных сочетаниях, руководствуясь мыслью о связи между элементами, о сходстве свойств различных элементов. Следует подчеркнуть, что Менделеев искал связь не только между элементами, сравни-

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В									
		I R ₂ O	II RO	III R ₂ O ₃	IV RH ₄ RO ₂	V RH ₃ R ₂ O ₅	VI RH ₂ RO ₃	VII RH R ₂ O ₇	VIII RO ₄		0 -
1	I	H ВОДОРОД 1,0080						(H)			He ² ГЕЛИЙ 4,003
2	II	Li ЛИТИЙ 6,940	Be БЕРИЛЛИЙ 9,013	B БОР 10,81	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,008	O КИСЛОРОД 16,0000	F ФТОР 19,00			Ne ¹⁰ НЕОН 20,183
3	III	Na НАТРИЙ 22,991	Mg МАГНИЙ 24,32	Al АЛЮМИНИЙ 26,98	Si КРЕМНИЙ 28,09	P ФОСФОР 30,973	S СЕРА 32,066	Cl ХЛОР 35,457			Ar ¹⁸ АРГОН 39,944
4	IV	K КАЛИЙ 39,100	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,96	Ti ТИТАН 47,90	V ВАНАДИЙ 50,95	Cr ХРОМ 52,01	Mn МАРГАНЕЦ 54,94	Fe ЖЕЛЕЗО 55,85	Co КОБАЛЬТ 58,94	Ni НИКЕЛЬ 58,69
	V	Cu МЕДЬ 63,54	Zn ЦИНК 65,38	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	Ge ГЕРМАНИЙ 72,60	As МЫШЬЯК 74,91	Se СЕЛЕН 78,96	Br БРОМ 79,916			Kr ³⁶ КРИПТОН 83,80
5	VI	Rb РУБИДИЙ 85,48	Sr СТРОНЦИЙ 87,63	Y ИТРИЙ 88,92	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НИОБИЙ 92,91	Mo МОЛИБДЕН 95,95	Tc ТЕХНЕЦИЙ (99)	Ru РУТЕНИЙ 101,1	Rh РОДИЙ 101,91	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,7
	VII	Ag СЕРЕБРО 107,880	Cd КАДМИЙ 112,41	In ИНДИЙ 114,7	Sn ОЛОВО 118,70	Sb СУРЬМА 121,76	Te ТЕЛЛУР 127,61	J ИОД 126,91			Xe ⁵⁴ КСЕНОН 131,3
6	VIII	Cs ЦЕЗИЙ 132,91	Ba БАРИЙ 137,36	La ЛАНТАНЫ 138,92	Hf ГАФНИЙ 178,6	Ta ТАНТАЛ 180,95	W ВОЛЬФРАМ 183,92	Re РЕНИЙ 186,31	Os ОСМИЙ 190,2	Ir ИРИДИЙ 192,2	Pt ПЛАТИНА 195,23
	IX	Au ЗОЛОТО 197,0	Hg РУТУТЬ 200,61	Tl ТАЛЛИЙ 204,39	Pb СВИНЕЦ 207,21	Bi ВИСМУТ 209,00	Po ПОЛОНИЙ 210,0	At АСТАТИН (210)			Rn ⁸⁶ РАДОН 222,0
7	X	Fr ФРАНЦИЙ (223)	Ra РАДИЙ 226,05	Ac АКТИНИЙ (227)							

ЛАНТАНОИДЫ	P		D		F		G	
	58	59	60	61	62	63	64	64
Ce ЦЕРИЙ 140,13	Pr ПРАЗЕОДИМ 140,92	Nd НЕОДИМ 144,27	Pm ПРОМЕТИЙ (145)	Sm САМАРИЙ 150,43	Eu ЕВРОПИЙ 162,0	Gd ГАДОЛИНИЙ 168,9		
Tb ТЕРБИЙ 158,93	Dy ДИСПРОЗИЙ 162,46	Ho ГОЛЬМИЙ 164,94	Er ЭРБИЙ 167,2	Tm ТУЛИЙ 168,94	Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	Lu ЛУТЕЦИЙ 174,99		

Fe²⁶

Число Менделеева (порядковый номер)

ЖЕЛЕЗО

ХИМИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ

55,85

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА

ХИМИЧЕСКИЙ АТОМНЫЙ ВЕС

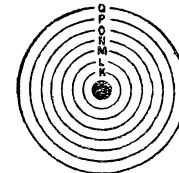
2
14
8
2

Число электронов в атомах

АКТИНОИДЫ	O		A		M		N	
	90	91	92	93	94	95	96	96
Th ТОРИЙ 232,05	Pa ПРОТАКТИНИЙ 231	U УРАН 238,07	Np НЕПТУНИЙ (237)	Pu ПУТОНИЙ (242)	Am АМЕРИЦИЙ (243)	Cm КУРИЙ (247)		
Bk БЕРКЕЛИЙ (245)	Cf КАЛИФОРНИЙ (248)	Es ЭЙНШТЕЙНИЙ (251)	Fm ФЕРМИЙ (258)	Mv МЕНДЕЛЕВИЙ (261)	No НОБИЛИЙ (262)			

ЦЕЛОЕ ЧИСЛО В СКОБКАХ - МАССОВОЕ ЧИСЛО НАИБОЛЕЕ УСТОЙЧИВОГО ИЗОТОПА ИСКУССТВЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

ЦЕЛОЕ ЧИСЛО БЕЗ СКОБКАХ - МАССОВОЕ ЧИСЛО НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННОГО ИЗОТОПА ПРИРОДНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА



I	ЭЛЕКТРОННЫЙ СЛОЙ - K
II	---
III	---
IV	---
V	---
VI	---
VII	---

тельно близкими друг к другу по своим химическим свойствам, но и между элементами несходными. Он находил такую связь, несходные элементы оказывались близкими друг к другу по атомному весу, и в свою очередь элементы со сходными свойствами отстояли друг от друга сравнительно далеко по атомному весу, причем расстояние между сходными элементами повторялось.

Менделеев рассматривал, например, литий, легкий металл, принадлежащий к числу так называемых щелочных металлов. По некоторым свойствам литий напоминает натрий — другой легкий щелочной металл. Менделеев отметил, что если расположить элементы по их атомному весу, то между литием и натрием находится шесть элементов, непохожих ни на тот, ни на другой. Следовательно, по атомному весу рядом с литием находится металл, непохожий на него по своим свойствам, а сходный с литием натрий встречается лишь на седьмом месте после лития. Вслед за натрием идет следующий промежуток, заполненный шестью элементами, непохожими на литий и натрий, и далее вновь стоит легкий щелочной металл калий. Менделеев видел, что подобные повторения появляются и в других случаях.

Обнаружив периодическое повторение химических свойств в ряду элементов, расположенных по возрастающему атомному весу, обнаружив, что между сходными элементами стоит одно и то же число других элементов, Менделеев составил таблицу элементов, написав названия сходных элементов одно под другим. Если включить в эту таблицу также все элементы, открытые позднее, то все клетки в таблице будут заполнены, таблица будет иметь вид, изображенный на рис. 2. В каждой клетке таблицы мы видим символ элемента (первые буквы латинского названия), порядковый номер и число, обозначающее атомный вес (округленно). Из клеток составляются вертикальные столбцы (группы элементов) и горизонтальные строки (периоды). В периодической системе первоначально было восемь групп элементов, т. е. между элементами со сходными свойствами находился промежуток, заполненный шестью элементами. Впоследствии Менделеев обнаружил, что свойства элементов повторяются иногда не через семь номеров (после интервала из шести элементов), а через семнадцать номеров. Таким образом,

появилось представление о малых и больших периодах. Периодическая система развивалась и дополнялась.

Менделеев был настолько уверен в объективности открытого им закона, что считал возможным исправить на основании этого закона атомные веса, приписывавшиеся в то время некоторым элементам. Если бы он расположил элементы в порядке возрастания атомного веса, руководствуясь во всех случаях существовавшими тогда значениями атомных весов, то наблюдалось бы отступление от периодичности. При этом, например, под алюминием мы встретили бы титан, который отнюдь не повторяет свойства алюминия, под кремнием оказался бы ванадий, который непохож на кремний, фосфор оказался бы в одном ряду с непохожим на него хромом и т. д. Исходя из химических свойств элементов, Менделеев исправил атомные веса десяти элементов. Смелость ученого, твердое убеждение в универсальном характере открытого им закона заставили Менделеева исправить атомные веса урана, индия, платины, осмия, иридия, золота, титана, тория, церия и иттрия. Далее он с такой же смелостью отступил от правильного возрастания атомного веса и поставил кобальт, обладающий большим атомным весом, перед более легким никелем, теллур перед иодом.

Правильная периодичность наблюдалась только в том случае, когда после некоторых элементов оставалась свободная клетка. На эти свободные места своей таблицы Менделеев поставил элементы, которые тогда еще не были известны. Такие элементы следовали за алюминием (Менделеев назвал его «экаалюминием» — на санскритском языке «эка» значит «один», «экаалюминий» означает «алюминий плюс один»), кремнием («экакремний») и бором («экабор»). Менделеев предсказал даже свойства элементов, которым он заранее предоставил свободные места в своей таблице.

В 1875 году на заседании парижской Академии наук произошло чрезвычайно важное событие. Был вскрыт присланный за месяц до этого конверт. Там содержалась заметка с описанием открытия, которое сделал Лекок де Буабодран. Французский ученый пропускал через стеклянную призму свет, исходящий из различных раскаленных газов; при этом, как известно, можно видеть характерные для каждого элемента цветные линии в определенном месте спектра. Изучая цинковую обманку, добы-

тую в Пиренейских горах, Лекок де Буабодран 25 августа 1875 года заметил новую яркую фиолетовую линию в спектре. Такая линия не принадлежала ни одному из известных тогда химических элементов. Лекок де Буабодран предположил, что в состав цинковой обманки входит до сих пор не известный новый химический элемент. Он решил получить таинственный элемент в чистом виде. При известных химических реакциях этот элемент действительно очищается от примесей, и фиолетовая линия в спектре становится более интенсивной.

В результате таких экспериментов Лекок де Буабодран получил новый элемент. В честь родины химика Галлии (Франции) этот новый элемент был назван галлием. Описание этого элемента было помещено в трудах парижской Академии наук. Менделеев прочел описание и сразу написал в Париж, что открытый Лекоком де Буабодраном галлий представляет собой описанный им ранее «экаалюминий» периодической системы. Менделеев указал при этом, что удельный вес галлия-экаалюминия должен быть не 4,7, как определил Лекок де Буабодран, а 5,9—6.

Лекок де Буабодран, ознакомившись с письмом Менделеева, продолжил свои опыты и нашел в конце концов для удельного веса галлия значение, предсказанное Менделеевым — 5,96. «Я думаю, — писал он, — нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов Менделеева относительно плотности галлия».

Вскоре последовали новые замечательные открытия. Шведский химик Нильсен, обнаружив не известный до того элемент (названный в честь Скандинавии «скандием»), сразу понял, что перед ним менделеевский «экабор». «Следовательно, — заключил он описание свойств открытого вещества, — не остается никакого сомнения, что в скандии открыт экабор... так подтверждаются самым наглядным образом мысли русского химика, позволившие не только предвидеть существование названного простого тела, но и наперед указать его важнейшие свойства».

В 1886 году немецкий химик Винклер, открыв новый элемент, названный германием, сначала не понял, что перед ним экасилиций, описанный Менделеевым. Но сразу же после того, как открытие Винклера было поме-

щено в печати, он получил письмо от Менделеева из Петербурга, от Рихтера из Бреславля и Лотара Майера из Тюбингена. Все трое ученых сообщили Винклеру, что он открыл именно «экасилиций» и что германий тождествен с экасилицием. В свое время Менделеев подробнее, чем для других элементов, указал свойства экасилиция и его соединений. Поэтому изучение германия было особенно убедительной демонстрацией торжества периодического закона. Винклер писал:

«Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор гипотетического экасилиция; оно составляет, конечно, более чем простое подтверждение смелой теории, — оно знаменует собой выдающееся расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания».

Впоследствии был сделан ряд новых фундаментальных открытий, подтвердивших периодический закон. В 1894 году английские ученые Рэлей и Рамзай открыли новый элемент — аргон, так называемый благородный, или инертный, газ, не вступающий в химические соединения, составляющий около одного процента атмосферного воздуха.

Вскоре Рамзай открыл другой инертный газ и послал его физику Круксу для исследования спектра. Крукс увидел, что спектральная линия новооткрытого газа совпадает со спектральной линией, наблюдавшейся еще раньше в солнечном спектре. Одна из линий солнечного спектра свидетельствовала о наличии в солнечной атмосфере некоего газа, который на Земле не был еще обнаружен. Этот газ был назван гелием (по-гречески Солнце — «гелиос»), а газ, присланный Рамзаем Круксу, давал ту же характерную спектральную линию. Крукс ответил Рамзаю короткой телеграммой: «Это гелий». Атомный вес гелия оказался равным приблизительно четырем.

Гелий должен быть поставлен в периодической таблице непосредственно после водорода. Но после водорода стоял литий, для гелия, казалось, не было места. Не было места и для других инертных газов. Рамзай предположил тогда, что гелий и аргон начинают собой новую группу в периодической системе и что через определенное число следующих за аргоном клеток таблицы в этой

группе должны стоять другие инертные газы. Руководствуясь периодической таблицей Менделеева, Рамзай и его ученики нашли и другие инертные газы: неон, криптон и ксенон. Менделеев после этого дополнил свою таблицу еще одной группой—нулевой группой. Теперь в таблице, во второй и в третьей горизонтальных строках, помещается по восемь элементов (затем по 18 и далее по 32), и свойства элементов повторяются в начале таблицы через каждые восемь номеров, затем через 18 и далее через 32. Но первый период состоит всего из двух элементов — водорода и гелия.

Первым в таблице стоит водород (H) с атомным весом, примерно равным единице. Далее в тот же период входит гелий (He), которым и заканчивается самый короткий, первый, период. Затем начинается второй период, включающий восемь элементов: литий (Li), бериллий (Be), бор (B), углерод (C), азот (N), кислород (O), фтор (F) и неон (Ne). Следующий, третий, период также включает восемь элементов. Это три так называемых малых периода.

Вслед за ними идут большие периоды, каждый из которых включает по 18 элементов (четвертый и пятый периоды). Сначала считалось, что и в следующих периодах содержится также по 18 элементов. Впоследствии оказалось, что при этом большое число открытых позже элементов (так называемые редкоземельные металлы, или лантаниды; от элемента 57 до элемента 71) приходится все включать в одну клетку таблицы. Таким образом, следующий период включает на $18 + 14 = 32$ элемента. Все эти сложные дополнительные обстоятельства были не только обнаружены, но и получили впоследствии исчерпывающее объяснение. Такое объяснение было дано уже в нашем столетии, в основном после смерти Менделеева. Периодический закон, как и ряд других великих открытий XIX века, не только обобщил и объяснил множество ранее известных фактов, но и поставил перед следующим столетием новые коренные вопросы. В самом конце XIX столетия периодическая система после триумфальных открытий 70—80-х годов (Лекок де Буабодран, Нильсен, Винклер) выдержала серьезное испытание. Как уже говорилось, к открытому в 1894 году не вмещавшемуся в таблицу Менделеева аргону в последующие годы прибавились другие инертные газы — гелий, неон,

криптон и ксенон, образовавшие новую, нулевую, группу элементов. Теперь таблица состояла из девяти групп (O, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII). Менделеев придал ей сравнительно простой вид, разделив каждый длинный период на два коротких. Это было сделано еще в 1871 году; после же открытия инертных газов «короткая» таблица получила несколько новый вид (см. таблицу на стр. 49).

Что же оставалось неясным в этой таблице? Какие вопросы ставила она перед дальнейшим развитием науки?

Прежде всего в таблице оставались свободные клетки. С другой стороны, ряд различных элементов (лантаниды) помещался в одной клетке. Но главный вопрос состоял в самой периодичности. Почему свойства элементов периодически повторяются, если элементы расположить в порядке возрастания их атомного веса. Отвечая на этот вопрос, физика XX века ответила и на многие другие столь же важные вопросы, поставленные перед ней периодической системой.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И СТРОЕНИЕ АТОМА

Открытие Менделеева было одним из исходных пунктов развития новейшей физики, раскрывшей внутреннее строение атома и атомного ядра, освободившей атомную энергию и достигшей других замечательных успехов. В конце XIX и начале XX века физики открыли элементарные частицы, входящие в состав атомов, обнаружив таким образом сложную природу атома. Первоначально были найдены электроны — частицы, обладающие очень малой массой и отрицательным электрическим зарядом, равным единице¹. Впоследствии были обнаружены гораздо более тяжелые (в 1836 раз тяжелее электрона) положительно заряженные частицы — протоны, электрически незаряженные частицы — нейтроны, а также ряд других элементарных частиц.

Исследование структуры атома и атомного ядра, а также открытие входящих в состав ядер элементарных частиц было тесно связано с изучением явлений радио-

¹ Заряд электрона, равный $4,8 \cdot 10^{-10}$ CGSE, обычно принимается за единицу измерения величины заряда в атомной физике.

активности. В 1896 году французский физик Анри Беккерель, исследуя свечение тел, пришел к важному открытию. Соли урана заставляли чернеть фотографическую пластинку, что свидетельствовало об излучении. Это ранее неизвестное излучение было названо радиоактивностью. Один из крупнейших физиков Франции Пьер Кюри и его жена уроженка Варшавы, Мария Склодовская-Кюри, изучая соединения урана, обнаружили, что смоляная урановая руда, «смоляная обманка», полученная из Чехии, отличается сильным радиоактивным излучением, большим, чем даже чистый уран. Они предположили, что в этой руде имеется некий элемент, обладающий большей радиоактивностью, чем уран. В 1898 году им удалось выделить этот элемент. Действительно, оказалось, что он дает излучение в миллион раз более интенсивное, чем уран. Этот элемент был назван радием. Он испускает различного рода лучи, в том числе поток положительно заряженных частиц — альфа-лучи. Причиной излучения является распад ядер атомов радия. Уран также распадается, но так медленно, что только через 4,6 миллиарда лет его количество уменьшится вдвое. При распаде урана образуется открытый Марией Склодовской и Пьером Кюри радий. Его распад происходит быстрее, так что количество радия уменьшится вдвое примерно через 1590 лет.

В начале нашего столетия физики пришли к убеждению, что и другие элементы, кроме урана и радия, также радиоактивны. Рубидий и самарий распадаются со столь небольшой скоростью, что запас их уменьшится вдвое в течение многих миллиардов лет. Некоторые элементы распадаются в еще более длительные сроки.

Распад атомов и существование элементарных частиц, из которых состоят атомы, помогли объяснить периодичность свойств химических элементов, открытую Менделеевым в конце 60-х годов. Если атомы состоят из одних и тех же элементарных частиц, в различном числе и различным образом сгруппированных, то появляется надежда объяснить сходные свойства различных элементов сходством структур различных атомов, числом и расположением элементарных частиц, входящих в атомы. В начале нашего столетия многие физики и химики задумывались над этой проблемой. Следует упомянуть о размышлениях известного русского революционера народо-

вольца Н. А. Морозова, заключенного в 1884 году в Шлиссельбургскую крепость и пробывшего там до 1905 года. Морозов в своей одиночной камере много размышлял о причинах открытой Менделеевым периодичности и пришел к мысли о сложной структуре атома, об атоме, в котором электроны движутся вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца. Он передал свою рукопись в 1901 году на волю, но глубину содержащихся в ней идей не оценили, и открытие Морозова не было опубликовано вплоть до 1907 года. О физической природе периодичности свойств химических элементов думали и другие ученые. Они подчеркивали, что периодическая таблица Менделеева приобретает характер родословного дерева, по которому можно судить о превращении одного элемента в другой, об их происхождении. Мысль о том, что периодическая таблица отражает развитие природы, историю происхождения химических элементов, была, в частности, высказана в 1911 году известным русским химиком Чугаевым, который писал, что в периодическом законе заключено «выражение того плана, по которому совершалась эволюция существующих элементов, выражение тех сложных и многочисленных факторов, которые оказывали влияния на ход этой эволюции».

Каким же образом современная физика и химия объясняют периодическое повторение химических свойств элементов, расположенных в порядке возрастания атомного веса?

Открытие электронов, радиоактивности, а вслед за ними элементарных положительно заряженных частиц (протонов) и электрически нейтральных частиц (нейтронов) позволило с очень большой точностью и конкретностью объяснить периодическое появление элементов со сходными химическими свойствами, последовательное (хотя и не совсем равномерное) нарастание атомного веса элементов в менделеевской таблице, существование малых и больших периодов и многое другое.

Важнейшим поворотным пунктом в развитии представлений о структуре атомов были опыты великого английского физика Резерфорда, произведенные в 1911 году. Резерфорд направлял положительно заряженные частицы, выбрасываемые радием (так называемые альфа-лучи), на различные вещества и регистрировал отклонение альфа-лучей, т. е. направления движения

альфа-частиц по прохождении через вещество. Оказалось, что альфа-частицы по большей части проходят через вещество не отклоняясь, т. е. не испытывая электрического отталкивания от атомов, но изредка отталкиваются и испытывают значительное отклонение от первоначального пути. Получалось так, как будто альфа-частицы, бомбардирующие атом, проходят через него, но изредка делают резкий поворот в сторону, как бы испытав отталкивающее действие маленького положительного заряда, находящегося в центре атома.

Такие результаты опытов заставили Резерфорда предположить, что в центре атома находится небольшое по сравнению с объемом атома положительно заряженное ядро. Он сравнивал число положительных частиц, прошедших через атом без резкого отклонения, с числом положительных частиц, испытывающих отталкивающее действие ядра, и таким образом мог вычислить размеры атомных ядер. Их диаметр примерно в сто тысяч раз меньше диаметра атомов. Резерфорд пришел к мысли, что вокруг такого положительного ядра на различных орбитах вращаются электроны. Электроны и ядра заряжены разноименным электричеством; однако электроны не падают на ядра вследствие центробежной силы, так же как планеты не падают на Солнце.

Такая планетарная модель атома позволила объяснить периодичность химических свойств. В таблице Менделеева каждому элементу присвоено порядковое число. Это число возрастает на единицу при переходе к следующей клетке таблицы. В результате работ ряда ученых выяснилось, что порядковый номер элемента в таблице Менделеева — это величина положительного заряда атомного ядра. Поскольку же в незаряженном атоме положительному заряду ядра соответствует число электронов, то атомному номеру соответствует в таких незаряженных атомах и число электронов.

В 20-е годы нашего столетия была получена следующая картина, объясняющая периодическое повторение химических свойств. В простейшем атоме, атоме водорода, ядро имеет положительный заряд, равный единице. Иными словами, ядро атома водорода — это одна положительно заряженная частица — протон. Вокруг него движется единственный электрон. В атоме гелия вокруг ядра (с двойным положительным зарядом) вращаются

два электрона. Нарастание числа электронов продолжается до последнего встречающегося в природе и найденного в естественных условиях элемента — урана, где целый рой из 92 электронов вращается сложным образом вокруг ядра с зарядом 92 и далее. Заметим еще раз, что речь идет пока об атомах, где число электронов равно положительному заряду ядра. На всем протяжении менделеевской периодической системы — от водорода до самых тяжелых элементов — мы встречаем последовательное нарастание заряда ядра и соответственно возрастание числа электронов. Эти электроны движутся по орбитам, причем электроны с близкими орбитами образуют некоторую оболочку (слой) атома. Таких оболочек (слоев) может быть одна, две, три — до семи. Каждая оболочка заполняется определенным числом электронов. Особенно важно число электронов во внешней оболочке. Заполнению внешних оболочек электронами соответствует завершение периодов системы Менделеева. Два электрона в атоме гелия заполняют первую оболочку. Дальше, уже во втором периоде, третий внешний электрон начинает собой вторую оболочку, которая постепенно заполняется электронами в атомах бериллия, бора, углерода, азота, кислорода, фтора и, наконец, достигает завершения во втором благородном газе — неоне. Последовательное прибавление восьми электронов от гелия до неона точно соответствует малому периоду системы Менделеева (второму периоду), содержащему восемь элементов. Одиннадцатый внешний электрон (натрия) помещается уже в третью оболочку (слой). Ясно, что тем самым натрий должен был походить по своим химическим свойствам на литий, атом которого также включает один электрон на внешней (второй) оболочке. Действительно литий и натрий — щелочные металлы, походят друг на друга. Остальные щелочные металлы — калий, рубидий, цезий — состоят также из атомов, где на внешней оболочке находится один электрон. Если взять атом благородного газа, т. е. атом с заполненной внешней оболочкой, и добавить один протон в ядро и один электрон, то мы получим из гелия литий, из неона натрий, из аргона калий, из криптона рубидий, из ксенона цезий.

Следует отметить, что при переходе от элемента к элементу оболочки заполняются электронами, вообще говоря, в определенном порядке, определенными группами

орбит. Иногда же последовательное заполнение групп близких орбит в рамках одной оболочки нарушается, и более далекие от ядра орбиты заполняются раньше других. Тогда внутри атома оказывается ряд пропущенных, незаполненных орбит. Впервые подобный пропуск имеет место в атоме калия. После калия заполняются не только внешние, но и внутренние орбиты. Поэтому здесь мы встречаем первый большой период менделеевской таблицы из восемнадцати элементов. После калия (атомный номер 19) ближайшим щелочным металлом будет не 27-й ($19 + 8$) элемент, а 37-й, именно рубидий ($37 = 19 + 18$).

Наиболее интересный пример заполнения глубоких внутренних, пропущенных орбит представляет уже известная нам группа редкоземельных металлов из 14 элементов (с 58 по 71), которые стоят вместе с лантаном в одной клетке менделеевской таблицы. Атомы этих элементов различаются не внешними электронами, резко меняющими валентность и другие химические и физические свойства, но глубокими внутренними электронами, не играющими существенной роли в химических реакциях. Ясно, что все эти атомы должны быть весьма похожи друг на друга, что и наблюдается в действительности. Этим оправдано помещение указанных элементов в одну клетку периодической системы.

Такое представление об атоме позволяет разъяснить природу химических реакций и связь атомов внутри молекулы. Атомы могут терять часть своих внешних электронов или, наоборот, приобретать их. В первом случае число отрицательно заряженных частиц в атоме становится меньше, и атом в целом приобретает положительный заряд, становится положительным ионом. Если же к атому присоединятся дополнительные электроны и заполнят свободные места на его внешней оболочке (слое), то число отрицательно заряженных частиц увеличивается, атом в целом приобретает отрицательный заряд и становится отрицательным ионом. От заполненности внешней оболочки (слоя), т. е. от числа внешних электронов, зависит число электронов, которые могут быть присоединены или отброшены при его превращении в ион, и, следовательно, пропорция, в которой данные элементы соединяются с другими, — валентность. В ряде молекул, например в молекуле соляной кислоты отрицательные и по-

ложительные ионы связаны друг с другом электрическим притяжением, как тела с разноименными зарядами.

Но атомы могут соединяться в молекулы и более сложным способом.

Рассматривая химические реакции и силы химического сродства как результат присоединения и потери электронов атомами, современная физика объясняет поведение благородных газов. В атоме благородного (или инертного) газа внешняя оболочка целиком заполнена. Такие атомы с заполненной внешней оболочкой химически инертны; им не надо для заполнения внешней орбиты отбрасывать или присоединять электроны и при этом приобретать соответственно положительный или отрицательный заряд. Поэтому атомы инертных газов не ионизируются, сохраняют равновесие между отрицательным и положительным электрическими зарядами и не соединяются с другими элементами.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ИЗУЧЕНИЕ АТОМНОГО ЯДРА

Периодический закон помог раскрыть строение атома, он позволил вскрыть природу валентности и химических реакций. Периодический закон помог также проникнуть внутрь самого атомного ядра.

Атомное ядро занимает весьма малый объем по сравнению с объемом всего атома; но именно в ядре сосредоточена в основном масса атома, так как электроны обладают массой, примерно в 1836 раз меньшей, чем масса частиц, входящих в состав атомного ядра. Диаметр атомного ядра в десятки тысяч раз меньше, чем диаметр атома. Если бы диаметр атома увеличился до размеров диаметра Москвы, то атомное ядро выглядело бы как футбольный мяч.

С представлением о составе атомных ядер связана важная проблема, поставленная периодической системой. В этой системе мы встречаем, во-первых, порядковое число, правильно вырастающее на единицу при переходе от клетки к соседней, следующей клетке. Во-вторых, мы встречаем атомный вес, характеризующий элемент, находящийся в каждой клетке. Атомный вес также растет, но он растет не так правильно, как порядковый номер элемента. Это отношение между порядковым числом (но-

мером) и атомным весом разъяснилось в 30-е годы нашего столетия, когда были открыты электрически незаряженные частицы — нейтроны — и выяснилось, что атомные ядра состоят из протонов и нейтронов. Протон и нейтрон имеют примерно одинаковую массу (равную, естественно, массе атомного ядра водорода, так как ядро водорода — это протон). Эту массу можно принять за единицу. Тогда масса ядра каждого атома, например, кислорода (атомный номер 8), равна 16. В тяжелых же ядрах, например, в ядре ртути (атомный номер 80, масса, или, точнее, массовое число, 200) на 80 протонов приходится 120 нейтронов. Таким образом, массовое число равно числу нейтронов и протонов вместе в данном ядре. Это дает нам ответ на вопрос о параллельном возрастании порядковых номеров и атомных весов элементов. При данном числе протонов атомные ядра могут обладать в известных пределах различным числом нейтронов. Веса подобных ядер, а значит и атомов, будут различны, но заряд ядра и число электронов, вращающихся вокруг ядра, — одинаковы. Следовательно, химические свойства этих атомов будут также практически совпадать, и мы должны будем поместить их в одну и ту же клетку периодической системы.

Подобные разновидности элементов, состоящие из атомов с одним и тем же числом протонов и различным числом нейтронов в ядре, называются изотопами. Они были впервые открыты у естественно радиоактивных элементов. Дальнейшие исследования показали, что и все обычные устойчивые элементы также являются смесями изотопов. Кислород, например, есть смесь изотопов с массами 16, 17, 18. Кроме обычного водорода, существует еще «тяжелый водород», или дейтерий, с массой 2, который, соединяясь с кислородом, дает «тяжелую воду». Масса атома дейтерия приблизительно вдвое больше массы атома водорода, потому что в ядре дейтерия, так называемом дейтероне, содержится протон плюс нейтрон, а ядро водорода состоит только из одного протона. Дейтерий содержится в обычном водороде в очень небольших количествах, в среднем около 0,02%.

Природный уран также является смесью различных изотопов. Большую часть смеси составляет тяжелый изотоп, в ядре которого, кроме 92 протонов, имеется 146 нейтронов — всего 238 частиц. Это так называемый уран 238

(U^{238}). Наряду с ним в природном уране имеется небольшое количество (около 0,7%) более легкого изотопа, в ядре которого вместе с 92 протонами содержится 143 нейтрона—всего 235 частиц. Этот более легкий изотоп урана называется уран 235 (U^{235}).

Теперь нам придется вернуться к радиоактивному излучению. Выше говорилось об альфа-лучах. Они представляют собой поток альфа-частиц, каждая из которых состоит из двух протонов и двух нейтронов. Таким образом, альфа-частица — это ядро гелия. Мы писали и о других лучах, испускаемых радиоактивными телами, — бета-лучах. Бета-лучи — это поток электронов. Радиоактивное излучение происходит вследствие распада атомных ядер. Альфа-распад (т. е. распад, в результате которого возникают альфа-лучи) означает, что из ядра данного элемента вылетает альфа-частица, т. е. ядро гелия. Иными словами, при альфа-распаде ядро теряет четыре частицы: два протона и два нейтрона. Потеря четырех частиц означает уменьшение атомного веса на четыре единицы. При бета-распаде, т. е. при вылете из атомного ядра электрона, образуется новое ядро почти с тем же атомным весом (масса электрона очень мала), но при этом заряд ядра становится на единицу больше. Дело в том, что при бета-распаде один из нейтронов превращается в протон плюс электрон; электрон-то и вылетает из ядра, а образовавшийся вместо нейтрона протон увеличивает заряд ядра на единицу. Поэтому после бета-распада каждый элемент оказывается уже в другой клетке менделеевской таблицы, так как его порядковое число (равное положительному заряду атома) становится на единицу больше. Иначе говоря, элемент переходит направо, в следующую клетку менделеевской таблицы. Напротив, при альфа-распаде атомное ядро теряет два нейтрона и два протона, иначе говоря — два положительных заряда, поэтому число протонов и вместе с тем заряд ядра уменьшается на две единицы, следовательно, элемент передвигается на две клетки налево, приближаясь к началу периодической таблицы. Если в ядро влетает нейтрон — частица, электрически незаряженная, то заряд ядра не меняется, а масса ядра увеличивается примерно на единицу атомного веса. Таким образом, элемент остается в той же клетке периодической системы и его порядковый номер не изменяется. Однако, поскольку

число нейтронов и, следовательно, масса ядра увеличивается при этом на единицу, перед нами оказывается новый, более тяжелый изотоп того же элемента.

Нужно сказать, что попадания протонов в ядра могут происходить лишь при определенных условиях: протон заряжен положительно, так же как и ядро атома, поэтому ядро и протон отталкиваются друг от друга и протон может попасть в ядро лишь при движении с большой скоростью. Поэтому бомбардировка атомного ядра протонами требует, чтобы летящим протонам была сообщена очень большая энергия.

Бомбардировка атомных ядер протонами, нейтронами или альфа-частицами широко применялась в начале 30-х годов нашего века и привела к ряду важных в практическом и теоретическом отношении открытий. Значительные успехи были достигнуты после того, как для бомбардировки ядер начали применять нейтроны. Нейтроны не имеют электрического заряда, они не испытывают отталкивания со стороны атомного ядра и легче попадают в цель.

В самом конце 30-х годов нашего века с помощью нейтронной бомбардировки были получены результаты, все значение которых можно было оценить только впоследствии. Благодаря работам немецких ученых О. Гана и Ф. Штрассмана, а также австрийского физика Лизы Мейтнер выяснилось, что при бомбардировке нейтронами ядер урана ядро раскалывается на приблизительно равные части. Эти части ядер, имея положительный заряд, отталкиваются друг от друга с громадной силой. Поэтому деление ядер урана — источник чрезвычайно большого количества энергии. Ее можно было получить только в том случае, если реакция распада, раз начавшись, продолжалась бы сама собой, иначе процесс для своего продолжения требовал бы затраты большой энергии со стороны.

Подобная цепная, непрерывная и самоускоряющаяся, реакция деления атомных ядер урана была получена главным образом благодаря работам Фредерика Жолио-Кюри, который в 1939 году одним из первых открыл, что при раскалывании (делении) ядра урана (как впоследствии выяснилось, урана 235) выделяются свободные нейтроны, которые могут попасть в соседние ядра урана и т. д. и вызвать непрерывную и быстро ускоряющуюся

реакцию. Деление урана будет продолжаться в быстро растущих масштабах. Когда речь идет о делении атомного ядра урана, для начала цепной реакции даже и не нужен внешний источник нейтронов. Советские ученые Г. Н. Флеров и К. А. Петржак открыли важное свойство урана. Оказывается, ядра урана время от времени самопроизвольно делятся. Это происходит крайне редко, но этого достаточно, чтобы в куске урана началась цепная реакция деления.

В дальнейшем усилия физиков были направлены на то, чтобы осуществить цепную реакцию деления урана. Дело в том, что наиболее распространенный в природных условиях изотоп — уран 238 — захватывает выделившиеся нейтроны, и они остаются в атомных ядрах этого изотопа, не приводя к делению и появлению новых нейтронов. Цепная реакция могла бы осуществляться, если бы удалось выделить из природного урана легкий изотоп — уран 235. Но оба изотопа химически почти не отличаются друг от друга, и их трудно разделить. В конце концов это удалось сделать. Одновременно физики пришли к другому результату, также значительно приблизившему возможность получения и использования атомной энергии. Уран 238, захватывая нейтроны, переходит в новый, более тяжелый изотоп — уран 239. Этот радиоактивный изотоп испускает бета-частицы, в результате чего, как мы знаем, увеличивается порядковый номер, иначе говоря, элемент переходит в следующую клетку периодической таблицы, получается новый элемент с порядковым номером 93 (порядковый или атомный номер обычно обозначают буквой Z). Новый элемент получил название нептуния. Он также радиоактивен и испытывает бета-распад. Из него образуется новый элемент плутоний с порядковым номером 94. Этот элемент распадается медленно, период его полураспада около 24 тысяч лет. Наиболее важным для получения атомной энергии является то, что плутоний 239, как и уран 235, делится под влиянием столкновений с нейтронами и при делении каждого ядра вылетает в среднем два нейтрона. В этом отношении плутоний ведет себя так же, как и уран 235: деление ядер плутония приобретает характер ускоряющейся цепной реакции.

Впоследствии удалось получить ряд так называемых трансурановых элементов, занимающих следующие после

урана клетки периодической системы Менделеева. За нептунием ($Z = 93$) и плутонием ($Z = 94$) идет америций ($Z = 95$), кюрий ($Z = 96$), беркелий ($Z = 97$), калифорний ($Z = 98$), эйнштейний ($Z = 99$), фермий ($Z = 100$), менделевий ($Z = 101$), нобий ($Z = 102$). Названия элементов 96, 99, 100 и 101 напоминают о естествоиспытателях, проложивших путь к открытию трансурановых элементов и в целом к новой эпохе в развитии представлений об элементах, атомах и атомных ядрах. Мировая наука запечатлела в названиях элементов имена Кюри, Эйнштейна, Ферми и Менделеева. Имя супругов Кюри связано с открытием радия и началом систематического изучения ядерных реакций, объяснивших связь между различными элементами, установленную еще в 60-е годы прошлого века открытием периодического закона. Эйнштейн показал связь энергии с массой вещества и этим далеко продвинул вперед изучение энергии атомного ядра. Ферми внес очень большой вклад в представления о воздействии нейтронной бомбардировки на атомные ядра и в разработку представлений о ядрах атомов. Имя Менделеева, запечатленное в названии 101 элемента, периодической системы, напоминает о великом научном подвиге русского ученого, указавшего на связь между элементами как на универсальный закон природы. Расшифровывая эту связь, наука поднялась на новую ступень, пришла к представлению об элементарных частицах, к новой картине строения атомных ядер, атомов и молекул, к новой картине строения вещества в целом.

Новая ступень в развитии науки неразрывно связана с новой техникой, использованием новых источников энергии, перестройкой на этой основе технологии всех отраслей промышленности, созданием новой техники транспорта и новых условий быта. Речь идет об атомной энергии и ее промышленном применении.

В конце 1942 года Ферми и его ученики и сотрудники построили новую установку, в которой происходило деление атомных ядер урана. Такая установка получила название атомного реактора, или «атомного котла». В таком реакторе находятся урановые стержни, и с течением времени из урана образуется плутоний. Урановые стержни через некоторое время вынимают из котла, отправляют в химические цехи, где плутоний отделяют от урана различными химическими операциями. Уран направляется

снова в атомный котел, а плутоний хранится на складах небольшими кусками. Почему эти куски должны быть небольшими? Здесь мы подходим к чрезвычайно важному обстоятельству. Когда начинается цепная реакция, то появившиеся вторичные нейтроны до того, как они сталкиваются с атомными ядрами, проходят в среднем сравнительно большое расстояние — около 10 см. Если кусок урана 235 или плутония невелик, то большая часть нейтронов вылетает наружу и не поддерживает цепную реакцию. Но если масса куска урана равна или больше так называемой критической массы, то значительная часть нейтронов не достигает поверхности куска, попадает в ядра урана, вызывает деление этих ядер, и дело принимает иной оборот. С каждым новым делением нейтронов становится все больше, реакция ускоряется после каждого нового деления, число свободных нейтронов растет в прогрессии 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 и т. д., т. е. чрезвычайно быстро. В течение миллионной доли секунды произойдет примерно сто последовательных делений, т. е. за этот срок большая часть ядер урана разделится, или, проще говоря, этот кусок урана взорвется. Если быстро соединить два куска урана, не достигающих критической массы, в один кусок, превышающий критическую массу, то произойдет атомный взрыв.

При взрыве освобожденная энергия резко повышает температуру среды, окружающую точку, в которой произошел взрыв. В центре огненного шара эта температура достигает на короткое время миллионов градусов. Огненный шар быстро увеличивается и, остывая, превращается в клубящееся облако, которое поднимается на высоту 10—15 км и постепенно рассеивается. Атомный взрыв сопровождается одновременным действием мощной ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, а также радиоактивным заражением воздуха и местности.

Атомные бомбы, сброшенные в 1945 году на японские города Хиросима и Нагасаки, были причиной гибели сотен тысяч мирных жителей. Народы всего мира ведут непрерывную борьбу за запрещение атомного оружия, за мирное применение энергии ядер.

Наряду с распадом атомных ядер тяжелых элементов, например урана, существует другой способ получения атомной энергии, основанный уже не на распаде, а на соединении легких ядер в более тяжелые. Из тяжелых

элементов, находящихся в самом конце периодической таблицы Менделеева — урана, плутония и т. д., энергия выделяется при распаде ядер, а у легких элементов, стоящих в начале менделеевской периодической системы, энергия выделяется при образовании более тяжелых ядер из легких. Подобные реакции называются термоядерными. Примером их служит образование ядра гелия из ядер водорода. Такая реакция используется в водородной бомбе. Водородная бомба — еще более разрушительное оружие, чем атомная бомба из урана или плутония.

Если применение деления тяжелых атомных ядер и термоядерных реакций в военных целях угрожает человечеству разрушительными взрывами атомных и водородных бомб, то мирное применение ядерных реакций позволяет создать новую техническую базу во всех отраслях производства. Советский Союз, располагая атомным и водородным оружием, борется за его запрет и за мирную атомную и термоядерную энергетику. Его поддерживает в этой борьбе подавляющее большинство человечества.

На пороге атомной эры человечество отметило пятидесятилетие со дня смерти великого русского ученого, который своим гениальным открытием — периодической системой — помог науке проникнуть в тайны внутренней структуры атома и найти пути освобождения атомной энергии. Человечество видит в Менделееве одного из тех людей, чьи работы стали вехами прогресса. Жизнь ученого, его постоянное стремление принести возможно большую пользу родному народу и всему человечеству, благородная настойчивость, поразительная научная смелость делают образ Менделеева близким и дорогим советскому народу и всем простым людям мира. Они хранят благодарную память о мыслителе, весь жизненный и творческий путь которого был непрерывным служением людям и научной истине.



ГЛАВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

- 1834 (27 января — 8 февраля н. ст.) — Рождение Менделеева.
 1841 — Поступление в Тобольскую гимназию.
 1849 — Окончание гимназии.
 1850 — Поступление в петербургский Главный педагогический институт.
 1855 — Окончание института и отъезд в Симферополь.
 1856 — Возвращение в Петербург и защита диссертации на степень магистра «Об удельных объемах».
 1857 — Менделеев — доцент Петербургского университета. Начало чтения лекций в университете по теоретической и органической химии.
 1859 — Командировка за границу в Гейдельберг. Работы о силах сцепления и о расширении жидкостей. Открытие абсолютной температуры кипения.
 1860 — Менделеев участвует в международном съезде химиков в Карлсруэ.
 1863 — Первая поездка в Баку и начало работ в области нефтяной промышленности.
 1864 — Менделеев — профессор Технологического института в Петербурге.
 1865 — Защита диссертации на степень доктора. «О соединении спирта с водой».
 1865 — Менделеев — профессор Петербургского университета.
 1869 — Первое сообщение об открытии периодического закона.
 1869—1871 — Выход книги «Основы химии».
 1877 — Опубликование теории происхождения нефти.
 1880 — Исследования о сопротивлении жидкостей в связи с воздухоплаванием, кораблестроением и баллистикой.
 1880 — Реакционная группа в Академии наук воспрепятствовала избранию Менделеева в Академию.
 1887 — Полет на воздушном шаре.
 1888 — Первое выступление с предложением подземной газификации углей.
 1890 — Уход из университета.
 1891 — Получение бездымного пороха.
 1893 — Назначение управляющим Главной палатой мер и весов.
 1899 — Поездка на Урал.
 1907 (20 января — 2 февраля н. ст.) — Кончина Менделеева.





ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

- 1 Органическая химия, 1861.
- 2 Основы химии, 1869—1871.
3. Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов, 1871.
4. Об упругости газов, 1875.
5. Материалы для суждения о спиритизме, 1876.
6. Нефтяная промышленность в Северо-Американском штате Пенсильвании и на Кавказе, 1877.
7. О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании, 1880.
8. Исследования водяных растворов по удельному весу, 1887.
9. Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца, 1888.
10. Периодическая законность химических элементов, 1889.
11. Толковый тариф, 1892.
- 12 Попытка химического понимания мирового эфира, 1902.
13. Заветные мысли, 1904—1905.
14. К познанию России, 1907.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗДАНИЯ СОЧИНЕНИЙ МЕНДЕЛЕЕВА

Д. И. Менделеев. Сочинения, т. 1—23, 25, М.-Л., 1934—1952 Основы химии, т. 1—2, 13 изд. (5 — посмертное), М.-Л., 1947.

ЛИТЕРАТУРА О ЖИЗНИ И ТРУДАХ МЕНДЕЛЕЕВА

1. А. И. Менделеева. Менделеев в жизни, М., 1928.
2. М. Н. Младенцев и В. Е. Тищенко. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность, т. 1, ч. 1—2, М.-Л., 1938.
3. О. Н. Писаржевский. Дмитрий Иванович Менделеев, 1834—1907, 2 изд., М., 1952
4. Менделеев Большая Советская Энциклопедия, т. 27, стр. 137—141.
5. Дмитрий Иванович Менделеев. 1834—1907, Указатель литературы под ред. М. Н. Попова, М., 1944.





СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Жизнь Менделеева	8
Менделеев и проблемы промышленного развития	24
Физические идеи и открытия	40
Периодический закон	47
Периодический закон и строение атома	54
Периодический закон и изучение атомного ядра	60
П р и л о ж е н и е	
Главные даты жизни Д. И. Менделеева	68
Основные научные труды Д. И. Менделеева	69
Современные издания сочинений Менделеева	—
Литература о жизни и трудах Менделеева	—



Кузнецов Борис Григорьевич
ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ

Редактор *Ларин С. М.*
Редактор издательства *Кадер Я. М.*
Художественный редактор *Гречиго Г. В.*
Обложка художника *Митрофанова С. А.*
Технический редактор *Медникова А. Н.*
Корректор *Горелик Ф. М.*

Сдано в набор 10.05.57 г.

Подписано к печати 12.09.57 г.

Формат бумаги $84 \times 108^{1/32}$ — $2^{1/4}$ печ. л.
3,69 усл. печ. л. + 1 вкл. — $1/8$ печ. л. =
= 3,671 усл. печ. л. 0,205 уч.-изд. л.

Г-32477

Военное Издательство
Министерства обороны Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18.
Изд. № 1/2780. Зак. 393.

1-я типография имени С. К. Тимошенко
Управления Военного Издательства
Министерства обороны Союза ССР

Цена 1 р. 10 к.

К читателям!

*Военное Издательство
просит присылать свои отзывы
на эту книгу по адресу:
Москва, Тверской бульвар, 18,
Управление
Военного Издательства*

Цена 1 руб. 10 коп.