

УДК 541.9(075.3)

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА – ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА УЧЕБНЫХ КУРСОВ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ВГУ

А. М. Самойлов, О. А. Козадеров, А. С. Шестаков

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 11 марта 2019 г.

Аннотация: в статье, посвященной Международному году Периодической таблицы химических элементов, анализируется опыт преподавателей химического факультета Воронежского государственного университета при изучении Периодического закона Д. И. Менделеева в рамках учебных курсов по направлениям 04.03.01 – Химия (бакалавриат), 04.04.01 – Химия (магистратура), 04.03.02 – Химия, физика и механика материалов (бакалавриат) и 04.04.02 – Химия, физика и механика материалов (магистратура).

Ключевые слова: Периодический закон Д. И. Менделеева, Периодическая таблица химических элементов, патриотическое воспитание, бакалавриат, магистратура.

Abstract: this article is dedicated to the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements. The experience of teaching the D. I. Mendeleev's Periodic Law at the Voronezh State University, Department of Chemistry in training courses in areas: 04.03.01 – Chemistry (bachelor degree), 04.04.01 – Chemistry (master degree), 04.03.02 – Chemistry, physics and mechanics of materials (bachelor degree) and 04.04.02 – Chemistry, physics and mechanics of materials (master degree) is analyzed.

Key words: D. I. Mendeleev's Periodic law, Periodic table of chemical elements, patriotic education, bachelor degree, master degree.

Законы природы исключений не терпят... Утверждение закона возможно только при помощи вывода из него следствий, без него невозможных и неожиданных, и оправдания тех следствий в опытной проверке.

Д. И. Менделеев

В 2019 г. российское и международное научное сообщество отмечает 150-летний юбилей открытия Д. И. Менделеевым Периодического закона. Коллективным решением делегаций всех стран мира на 72-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН (декабрь 2017 г.) 2019 год объявлен Международным годом Периодической таблицы химических элементов [1; 2]. Такое решение продиктовано верным пониманием роли Периодического закона и Периодической таблицы химических элементов в развитии мировой науки и образования. Открыв Периодический закон, Д. И. Менделеев совершил подлинную революцию в естествознании, указав новые направления проведения экспериментальных и теоретических исследований не только в химии, но и физике, геохимии, минералогии, астрофизике и космохимии [3]. Российскими университетами, в том числе Воронежским

государственным университетом, планируются мероприятия в рамках Международного года. Они объединят усилия различных организаций и лиц, научные общества и союзы, образовательные учреждения, исследовательские институты, некоммерческие организации и бизнес-структуры нашей страны и зарубежья [2; 4; 5].

В рамках ФГОС ВО 3+ образовательные программы химического факультета ВГУ по направлениям 04.03.01 – Химия (бакалавриат), 04.04.01 – Химия (магистратура), 04.03.02 – Химия, физика и механика материалов (бакалавриат) и 04.04.02 – Химия, физика и механика материалов (магистратура) составлены так, чтобы в основных дисциплинах преподаватель мог выделить и подчеркнуть значение Периодического закона во всех областях естественных наук. Профессора и доценты химического факультета под разным углом зрения стремятся донести до студентов эволюцию во времени степени понимания Периодического закона, глубины погружения в его суть. Цель

таких учебных курсов заключается в формировании у студентов убеждений в том, что Периодический закон является одним из наиболее выдающихся научных открытий и представляет собой объединяющую научную концепцию всего естествознания с многогранным применением в физике, астрономии, биологии и других естественных

науках. При этом, руководствуясь нормативными документами Минобрнауки РФ, а также Миссией ВГУ, профессора и доценты подчеркивают роль Периодического закона не только в научных фундаментальных и прикладных исследованиях, но также для совершенствования и оптимизации процессов химической промышленности [6].

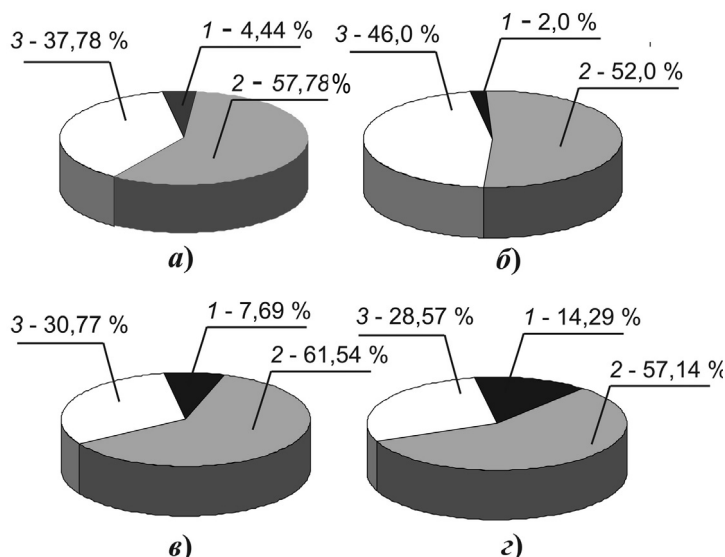


Рисунок. Доля лекционных дисциплин в учебных программах для студентов химического факультета Воронежского государственного университета: 1) предметы, в которых изучение Периодического закона и его современных приложений является основой курса; 2) предметы, в которых Периодический закон является элементом содержания; 3) общенаучные и гуманитарные предметы; а) направление 04.03.01 – Химия (бакалавриат); б) направление 04.04.01 – Химия (магистратура); в) направление 04.03.02 – Химия, физика и механика материалов (бакалавриат); г) направление 04.04.02 – Химия, физика и механика материалов (магистратура)

Безусловно, не все учебные курсы, которые преподаются на химическом факультете ВГУ, ориентированы на изучение Периодического закона. Однако в учебных курсах, непосредственно связанных с вышеназванными направлениями подготовки, Периодический закон в явном или неявном виде является их фундаментальной и методологической основой (рисунок). Например, на первый взгляд, основной целью учебных курсов «Структурная химия и кристаллохимия» (бакалавриат, направление 04.03.02 – Химия, физика и механика материалов) и «Кристаллохимия» (бакалавриат, направление 04.03.01 – Химия) является формирование у студентов знаний о строении и свойствах твердых тел, а также умений анализировать кристаллы на основе представлений о симметрии. Тем не менее, систематизация структурных типов и прогнозирование физико-химических свойств кристаллов возможны только на основе сопоставления информации о природе химической связи,

периодичности изменения атомных и ионных радиусов, что является современной иллюстрацией к Периодическому закону. К предметам, фундаментальной и методологической основой которых является Периодический закон, относится учебный курс «Неорганическая химия», в рамках которого лекции, семинарские и практические занятия полностью построены на основе современного истолкования сути Периодического закона и его физического смысла. Красной нитью через весь учебный курс проводится идея о том, что периодичность изменения физико-химических свойств элементов и их соединений есть результат формирования периодически возобновляемых сходных электронных конфигураций внешнего и предвнешнего энергетических уровней атома при последовательном увеличении значения главного квантового числа [7–9].

Систематизация физико-химических свойств элементов и их соединений строится исключи-

тельно на основе Периодического закона. При изучении этого курса преподаватели используют научное и методологическое наследие Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии СССР, профессора Я. А. Угая [7–10], который развивал учение Д. И. Менделеева об *атомной аналогии* в свете новейших достижений в квантовой механике и теории сложного строения атома. Именно учение об атомной аналогии, т. е. сопоставление *изменения характеристической валентности* (а точнее, *максимальной положительной степени окисления и минимальной отрицательной степени окисления*) элементов с возрастанием их атомных масс позволило Д. И. Менделееву *интуитивно* принять правильное решение, поскольку *научно* объяснить именно такое расположение элементов удалось лишь спустя практически пятьдесят лет [11].

На кафедре физической химии разработан ряд учебных курсов, направленных на развитие у обучающихся способности использовать полученные ранее знания о Периодическом законе при критическом анализе и оценке научных достижений как в современной химии, так и в междисциплинарных областях, а также генерировать новые идеи при решении профессиональных задач. Так, в учебные планы образовательных программ бакалавриата (направление «Химия») и специалитета (специальность «Фундаментальная и прикладная химия») включены курсы «Квантовая механика и квантовая химия», «Квантовая химия», «Строение вещества» для студентов очной и очно-заочной форм обучения. В рамках этих курсов студенты изучают современные представления о строении вещества на субатомном, атомном, молекулярном уровнях, а также макроскопических тел (полимеры, кристаллы). Раскрываются связи между электронным строением химических соединений, их физическими свойствами и реакционной способностью.

В учебных курсах по органической химии обращается внимание на то, что учение о *валентности* (*атомности* – в понимании Д. И. Менделеева), которое позволило великому русскому ученому построить первую Периодическую таблицу химических элементов, зародилось в работах Э. Франкланда при изучении металлоорганических соединений [12]. Поэтому многие учебные дисциплины органического цикла уделяют большое внимание изучению элементоорганических соединений, которые имеют огромный потенциал для создания новых материалов и эффективных лекарственных препаратов.

Химия фторорганических соединений занимает особое место в органической химии,

так как физические и химические свойства этих соединений отличаются от свойств остальных галогенпроизводных алканов и аренов. В свою очередь, свойства хлор-, бром- и иодопроизводных закономерно меняются в прямой связи от положения этих элементов в главной группе Периодической системы. В преподавании органической химии и родственных дисциплин для понимания различий в химии азот- и фосфор-, кислород- и серосодержащих соединений постоянно происходит обращение к положению этих элементов в Периодической системе и электронному строению их атомов [13]. Особое положение при изучении органических реакций занимают *d*-металлы, формирующие в Периодической таблице длинные периоды, что вызывало затруднения в систематизации элементов у предшественников и современников Д. И. Менделеева. Катализ органических реакций комплексами металлов является в настоящее время наиболее интенсивно и продуктивно развивающейся областью гомогенного катализа. Повышенный интерес к металлокомплексным катализаторам связан с высокой скоростью и селективностью вызываемых ими превращений, а также возможностью осуществлять новые реакции, трудно реализуемые другими методами. Каталитические свойства комплексов переходных металлов обеспечиваются наличием близких по энергиям трех свободных *np*- и частично заполненных одной *ns*- и пяти (*n*–1) *d*-орбиталей. Без рассмотрения этих реакций невозможно представить современный общий курс органической химии и другие органические курсы из вариативной части учебного плана [там же].

Все это справедливо и для курса «Высокомолекулярные соединения» и родственных ему курсов. Понимание особых свойств фтор- и кремнийсодержащих полимеров невозможно без рассмотрения электронного строения атомов этих элементов. Громадную роль в синтезе стереорегулярных полимеров сыграли катализаторы Циглера – Натты на основе соединений титана или ванадия в комплексе с органическими соединениями алюминия. Координация винилового органического мономера на атоме переходного металла за счет орбитального взаимодействия позволяет получить пространственно упорядоченные полимеры, объем производства которых превышает 100 млн тонн [14]. Подлинную революцию в синтезе полимеров совершили металлоценовые катализаторы – комплексы катиона переходного металла (марганец, хром, ванадий, рутений, железо) с органическими анионами циклопентадиениля. И в этом случае решающую роль играет электронное строение иона металла, определяемое его положением в Периодической системе.

Электронное строение атомов переходных металлов определяет их каталитические свойства, широко используемые в химической технологии. Периодическая система должна присутствовать в аудитории, где изучаются курсы «Основы химических производств», «Химическая технология», «Современная химия и химическая безопасность». Гетерогенный катализ реализуется в процессах получения аммиака (железный катализатор), азотной кислоты (сплав платины, родия, палладия), серной кислоты (ванадиевый катализатор), метанола (медные и цинк-хромовые катализаторы), крекинга и риформинга нефти (алюмосиликатные и платиновые катализаторы) [15].

В целом ряде случаев изложение материала в учебных курсах органического цикла практически полностью построено на структуре Периодической таблицы химических элементов. Прежде всего, это характерно для учебной дисциплины «Фармацевтическая и медицинская химия», где физические и химические свойства неорганических лекарственных веществ рассматриваются в соответствии с их расположением в группах Периодической таблицы. Этот подход характерен для фармацевтической химии в целом, в то время как в фармакологических справочниках в основу классификации положено действие лекарственных веществ на системы организма человека.

Как известно, степень наполнения учебной дисциплины фактическим материалом зависит от уровня предыдущей подготовки студентов [6]. Поскольку одна из главнейших задач магистратуры – подготовка специалиста, который должен владеть профессиональными компетенциями по выбранной специальности на высоком уровне, количество учебных дисциплин, основанных на глубоко современном осмыслении Периодического закона, оказывается существенно больше, чем в учебном плане для подготовки бакалавров.

Для магистрантов, обучающихся по направлению 04.04.02 – Химия, физика и механика материалов, имеющих базовые знания по фундаментальным разделам физики и химии, подготовлены учебные дисциплины «Современная неорганическая химия» и «Периодический закон и его роль в синтезе функциональных материалов». Параллельное изучение этих предметов является удачным методологическим новшеством преподавателей кафедры материаловедения и индустрии наносистем (зав. кафедрой академик РАН В. М. Иевлев), которое существенным образом повышает уровень профессиональных компетенций магистрантов. Приоритетом первого учебного курса является всесторонний анализ информации о структуре и свойствах неорганических веществ на

основе новейших достижений в изучении Периодического закона с точки зрения учения о кайно-симметрии электронных орбиталей и всех видов тонкой химической аналогии с учетом вторичной и внутренней периодичности. Главной задачей спецкурса «Периодический закон и его роль в синтезе функциональных материалов» является повышение эффективности научных исследований при подготовке магистерских диссертаций на основе фундаментальных знаний, полученных при изучении «Современной неорганической химии». Используя примеры из опыта отечественных и зарубежных ученых по созданию функциональных материалов, преподаватели формируют алгоритм, который на основании современного понимания Периодического закона и его приложений позволяет обоснованно прогнозировать физико-химические свойства синтезируемых веществ.

Обсуждение роли Периодического закона в процессах формирования второй и третьей естественно-научных картин мира [4] служит одним из краеугольных моментов учебных дисциплин «Философские основы химии» (направление 04.04.01 – Химия), «Периодический закон и его роль в синтезе функциональных материалов» и «Конвергенция естественных наук» (направление 04.04.02 – Химия, физика и механика материалов). Во время лекций и семинарских занятий подробно изучаются три этапа эволюции Периодического закона, его диалектическое взаимодействие с другими естественными науками, которое привело к прогрессу в области физики и обогащению содержания самого закона. Внимание обучающихся акцентируется на том, что Периодический закон – один из немногих универсальных законов природы, актуальный не только для химии, но и для всех естественных наук [4].

Изучение Периодического закона имеет еще одно важное значение. Курс истории науки, в частности, для химиков курс истории (и методологии) химии – один из немногих уникальных инструментов патриотического воспитания студентов-естественников [16; 17]. Выпускники классических университетов призваны осознавать заслуги отечественных ученых, внесших немалый вклад в укрепление и развитие страны. Очень важно подчеркивать, что российские ученые были не только творческими личностями, но и истинными патриотами, которые служат для нас жизненным и духовно-нравственным ориентиром. Именно такой многогранной личностью был Д. И. Менделеев, о чем преподаватели постоянно говорят студентам. Жизнь и деятельность Д. И. Менделеева является блистательным примером преданного служе-

ния науке и высочайшего патриотизма [18; 19]. Мы не можем ограничиваться только перечислением выдающихся научных достижений великого русского химика. На занятиях и во внеаудиторном общении со студентами преподаватели стремятся подчеркнуть, что Д. И. Менделеев является одним из выдающихся организаторов российской науки – соучредителем Русского химического общества (РХО, 1868 г.; с 1878 г. – Русское физико-химическое общество, РФХО), директором Главной палаты мер и весов (с 1893 г.). Студенты должны знать о многогранной инновационной деятельности Д. И. Менделеева, направленной на развитие отечественной метрологии, воздухоплавания, химической, нефтедобывающей и оборонной промышленности. Великого ученого неоднократно привлекали для решения важнейших государственных задач: при проектировании Северного морского пути и создании пироксилинового пороха для крупнокалиберной морской артиллерии [18].

В Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. сформулированы 12 национальных проектов [20]. 24 октября 2018 г. Президент В. В. Путин заявил: «В предстоящие годы, как известно, мы должны совершить настоящий прорыв в экономике, инфраструктуре, технологиях, науке и социальной сфере» [21]. Профессора и доценты химического факультета ВГУ считают себя причастными к решению поставленных Президентом РФ задач, постоянно совершенствуют содержание учебных дисциплин в соответствии с достижениями мировой науки, повышают профессиональный, методологический и воспитательный уровни преподавания, укрепляют связи с производством. Их усилия, в конечном итоге, нацелены на подготовку компетентных и творчески мыслящих специалистов, способных эффективно участвовать в реализации национальных проектов, которые, как отметил В. В. Путин, «...безусловно, определяют будущее и России, и всего мира. Это без всякого преувеличения исторические задачи» [21].

ЛИТЕРАТУРА

1. Режим доступа: <https://www.iypt2019.org/>
2. Режим доступа: https://iupac.org/wp-content/uploads/2017/12/Press-Release-International-Year-of-the-Periodic-Table_UN-Proclamation_21-December-2017.pdf
3. *Самойлов А. М.* Этапы развития Периодического закона Д. И. Менделеева / А. М. Самойлов // VIII Всерос. конф. «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах» ФАГРАН-2018. Воронеж, 8–12 октября 2018 г. Тезисы докладов. – Воронеж : Научная книга, 2018. – С. 61–62.
4. *Зломанов В. П.* Фундаментальные понятия и определения химии и их роль в процессе формирования естественнонаучной картины мира / В. П. Зломанов, А. М. Самойлов // VII Всерос. конф. «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах» ФАГРАН-2015. Воронеж, 10–13 ноября 2015 г. Тезисы докладов. – Воронеж : Научная книга, 2015. – С. 39–40.
5. Режим доступа: <https://www.iypt2019.org/2019/01/04/first-iypt2019-event-in-2019>
6. *Самойлов А. М.* Химический факультет ВГУ : инновационные научные разработки в образовательном процессе / А. М. Самойлов, О. А. Козадепов, А. С. Шестаков // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Проблемы высшего образования. – 2018. – № 2. – С. 96–101.
7. *Угай Я. А.* Общая химия / Я. А. Угай. – М. : Высшая школа, 1977. – 408 с.
8. *Угай Я. А.* Неорганическая химия / Я. А. Угай. – М. : Высшая школа, 1989. – 463 с.
9. *Угай Я. А.* Общая и неорганическая химия / Я. А. Угай. – М. : Высшая школа, 1997. – 527 с.
10. *Миттова И. Я.* Профессор Яков Александрович Угай : от истоков химии полупроводников к ее вершинам / И. Я. Миттова, А. М. Самойлов // История и философия науки в эпоху перемен : сб. науч. статей : в 6 т. [Электронный ресурс] / науч. ред. и сост. И. Т. Касавина [и др.]. – М. : Русское общество истории и философии науки, 2018. – Т. 2. – С. 64–66. – Режим доступа: <http://rshps.ru/books/congress2018t2.pdf>
11. *Миттова И. Я.* История химии с древнейших времен до конца XX века : учеб. пособие / И. Я. Миттова, А. М. Самойлов. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – Т. 2. – 624 с.
12. *Миттова И. Я.* История химии с древнейших времен до конца XX века : учеб. пособие / И. Я. Миттова, А. М. Самойлов. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – Т. 1. – 416 с.
13. *Смит В. А.* Основы современного органического синтеза / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М. : Бин. Лаборатория знаний, 2009. – 750 с.
14. *Семчиков Ю. Д.* Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М. : Academia, 2008. – 366 с.
15. *Кутепов А. М.* Общая химическая технология / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – М. : Академкнига, 2007. – 528 с.
16. *Богатова Т. В.* Преподавание истории химии – инструмент патриотического воспитания / Т. В. Богатова, А. М. Самойлов // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург, 26–30 сентября 2016 г. Материалы XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии : в 5 т. – Екатеринбург : УрО РАН, 2016. – Т. 5. – С. 38.
17. *Богатова Т. В.* Преподавание истории науки – важный инструмент патриотического воспитания / Т. В. Богатова, А. М. Самойлов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Проблемы высшего образования. – 2017. – № 1. – С. 16–20.

18. Добротин Р. Б. Летопись жизни и деятельности Д. И. Менделеева / Р. Б. Добротин [и др.]. – Л. : Наука, 1984. – 532 с.

19. Менделеев Д. И. Заветные мысли / Д. И. Менделеев // Сочинения. – Л. ; М. : Наука, 1949. – Т. 15. – С. 335.

20. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. – Режим доступа: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf>

21. Режим доступа: <http://путин.ru-an.info/новости/путин-мы-должны-совершить-настоящий-прорыв-в-экономике/>

Воронежский государственный университет
Самойлов А. М., доктор химических наук,
профессор кафедры материаловедения и индустрии
наносистем химического факультета

E-mail: samoylov@chem.vsu.ru

Тел.: 8 (473) 220-87-35

Voronezh State University
Samoylov A. M., Dr. Habil. in Chemistry, Profes-
sor of Material Sciences and Nanosystems Industry
Department of the Chemistry Faculty

E-mail: samoylov@chem.vsu.ru

Tel.: 8 (473) 220-87-35

Козадеров О. А., доктор химических наук,
проректор ВГУ по науке и инновациям

Тел.: 8 (473) 220-75-33

*Kozaderov O. A., Vice-rector on Science and In-
novations*

Tel.: 8 (473) 220-75-33

Шестаков А. С., доктор химических наук, за-
ведующий кафедрой высокомолекулярных соеди-
нений и коллоидной химии химического факуль-
тета

Тел.: 8 (473) 220-89-56

*Shestakov A. S., Dr. Habil. in Chemistry, Head of
High Molecular Compounds and Colloid Chemistry
Department*

Tel.: 8 (473) 220-89-56