

О.В. Сергеева, Т.Н. Воробьева, А.С. Ивашкевич

**СТРУКТУРА КУРСА «НАНОХИМИЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА
КЛАССИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**STRUCTURE OF THE COURSE «NANOCHEMISTRY»
FOR STUDENTS OF CHEMICAL FACULTY OF THE CLASSICAL UNIVERSITY**

Рассмотрена структура учебного курса «Нанохимия» для студентов химического факультета классического университета, разработанного специалистами кафедры неорганической химии на основе обучающе-исследовательского принципа.

Ключевые слова: нанохимия, обучающе-исследовательский принцип, электронная микроскопия, электронография, рентгенография.

The article deals with the structure of the training course «Nanochemistry» for students of chemical faculty of the classic University, developed by the specialists of the Department of Inorganic Chemistry on the basis of the teaching-research principle.

Keywords: elective course, nanochemistry, teaching-research principle, electron microscopy, electronography, X-ray analysis.

БГУ, Минск, Беларусь.

Нанохимия – одно из ведущих направлений современной химии, изучающее получение, свойства и реакционную способность частиц и их ансамблей, размер которых лежит в интервале 10^{-7} – 10^{-9} м. Термин появился в конце 1990-х годов, когда новые методы исследования дали информацию о частицах различных элементов Периодической системы, содержащих небольшое (меньше 100) число атомов. Свойства таких частицы радикально отличаются от свойств частиц микроскопического размера и не описываются на уровне классических представлений.

Выявленные к настоящему времени закономерности позволяют говорить о некоем «третьем измерении» Периодической системы – числе атомов в кластере N. Таким образом, свойства химического элемента определяются не только количеством валентных электронов и числом электронных оболочек, но количеством атомов в частице данного элемента. От N зависят потенциалы ионизации и сродства к электрону, химическая активность, магнитный момент и геометрическая структура частиц.

Сейчас признано, что вещество в виде наноструктур или нанотел находится в особом фазовом состоянии, основными чертами которого являются проявление квантово-механических свойств, волновая природа процессов переноса, доминирующая роль поверхности раздела, предсказуемое изменение физических и химических свойств с уменьшением размера. Управляя размером и формой наноструктур, можно реконструировать массивные материалы в наноматериалы с совершенно новыми, резко отличающимися от обычных, характеристиками. Реконструкцию можно осуществить двумя путями – синтетическим химическим (снизу вверх) или инженерно-физическим (сверху вниз).

Эти новые возможности объясняют повышенный интерес к нанопроблематике в современном обществе, что находит свое отражение и в образовании. Появляются соответствующие учебные программы и курсы, посвященные изучению закономерностей, действующих в низкоразмерных системах [1]. Наиболее эффективно разработку и внедрение таких курсов в учебный процесс можно осуществить при наличии научной школы и научно-педагогических кадров, имеющих соответствующий опыт, качественной учебной литературы, современного научного оборудования, позволяющего синтезировать, визуализировать и исследовать нанообъекты. Такие условия, как правило, имеются

в крупных классических университетах. Большим преимуществом, с учетом междисциплинарного характера нанохимии, является и то, что классическое университетское образование, в особенности естественнонаучное, по определению не является узкоспециализированным, а призвано дать представление об универсальных и фундаментальных закономерностях мироздания, развить способность творческого применения и синтеза знаний из различных областей науки.

Одной из форм, позволяющих обеспечить действительно эффективную подготовку кадров по современным направлениям в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий, является создание специальных факультетов или научно-образовательных центров [2; 3]. Очевидны перспективы дистанционного обучения с использованием современных информационных технологий. Интернет-практикумы по сканирующей зондовой микроскопии и другому сложному и дорогостоящему оборудованию позволяют хотя бы виртуально познакомиться с принципами его работы и возможностями изучения нанообъектов [4].

К сожалению, дистанционное обучение, несмотря на всю свою привлекательность, не может решить всех проблем генерации, передачи и усвоения знаний. Только непосредственный контакт со специалистами в данной области знаний, работа в рамках определенных научных программ рядом с более опытными исследователями позволяет получить не виртуальные, а реальные компетенции в данной области.

Эти условия выполняются, если учебный процесс организован по обучающе-исследовательскому принципу [5], а именно он положен в основу подготовки учебных курсов по нанохимии на кафедре неорганической химии БГУ [6; 7]. В качестве примера рассмотрим курс «Нанохимия», разработанный специалистами кафедры для студентов 4 курса (специальности 1-31 05 03 Химия высоких энергий и 1-31 05 04 Фундаментальная химия). При изучении данной дисциплины студенты знакомятся с проблемным полем нанохимии, объектами и методами исследования, особыми свойствами вещества в наноразмерном диапазоне, основными способами синтеза нанообъектов и принципами объединения их в наноструктуры с более высоким уровнем организации. Далее эти представления конкретизируются и расширяются при рассмотрении наноструктур на основе углерода, металлов и полупроводников. Программа курса содержит большой практический блок, включающий такие важнейшие методы исследования наноструктур, как электронная микроскопия, электронография и рентгенофазовый анализ.

Работа со студентами в значительной степени индивидуализирована за счет выполнения ими многовариантных лабораторных, практических, самостоятельных и контрольных работ, сдачи коллоквиумов. Кроме того, многие студенты, специализирующиеся на кафедре, выполняют курсовые и дипломные работы в лабораториях нанохимии и тонких пленок НИИ физико-химических проблем БГУ, что позволяет закрепить и повторить ключевые вопросы изученного материала на конкретных примерах и объектах, с использованием научного оборудования, недоступного для учебных лабораторий. Таким образом, кроме обучающе-исследовательского принципа, реализуется и принцип преемственности в форме передачи идей и практического опыта данной научной школы от старшего поколения к младшему, от учителя к ученикам.

Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в НИИ физико-химических проблем, на кафедре неорганической химии БГУ и в других научных учреждениях Республики Беларусь, составляют отдельный модуль программы курса, в высокой степени вариабельный по своей тематике. При его изучении предусмотрены как проведение лекции-семинара с участием приглашенного специалиста в области нанохимии, так и самостоятельная работа с оригинальной литературой по различным направлениям соответствующих исследований. По результатам поиска может быть проведен коллоквиум или семинар-конференция. В последнем случае студенты (индивидуально или малыми группами) заранее заявляют о выбранной теме, готовят презентации и доклады, в которых представляют результаты, полученные в различных научных коллективах РБ, в том числе и при непосредственном участии самих студентов.

В большинстве публикаций по нанохимии и нанотехнологии постоянно подчеркиваются интересные и уникальные свойства наночастиц и связанные с ними преимущества материалов и систем на их основе, их роль в научно-техническом прогрессе и т.д. Однако появляется довольно много свидетельств того, что нанореволюция может вызвать серьезные экологические, социальные и этические проблемы, представляющие значительную угрозу для здоровья и безопасности человека и окружающей среды. Осознание этих проблем должно стать частью мировоззрения современного специалиста-химика, войти в его личную систему ценностей, способствовать формированию экологической культуры как

части общей культуры. Очевидно, что в курсе нанохимии (как в любом курсе химии вообще), обязательно должен присутствовать экологический компонент хотя бы на уровне постановки проблемы.

В нашем курсе экологические аспекты затрагиваются уже во вводной лекции, когда мы говорим о возможностях нанотехнологий и проблемном поле нанохимии. Предусмотрена также отдельная лекция «Проблемы охраны труда, здоровья, окружающей среды в свете развития нанотехнологий». В лекционном материале подчеркивается, что проблема нанобезопасности неотделима от проблемы экологической безопасности в целом, хотя и имеет свои специфические особенности. Тема развития нанотехнологий и безопасности человечества может быть рассмотрена с разных сторон, поэтому в лекции выделяются определенные блоки «положительной» и «отрицательной» информации.

В идеале, прослушанная лекция – всего лишь стимул для самостоятельного творческого поиска. В этом процессе невозможно переоценить роль активных форм обучения. В частности, при проведении семинарских занятий не обязательно придерживаться традиционной формы «вопрос-ответ». Более интересными и эффективными оказались семинары-дискуссии или семинары-конференции. В случае семинара-дискуссии заранее предлагается общая тема «Нанотехнологии: pro et contra», и каждый определяет для себя, к какому условному лагерю он принадлежит. Далее каждая группа самостоятельно подбирает материалы, подтверждающие либо положительное влияние нанохимии и нанотехнологии на состояние окружающей среды, жизнь и здоровье человека и общества, либо, наоборот, доказывающие их отрицательное воздействие. Полученная информация излагается в устных сообщениях, модератор дискуссии из числа студентов (или преподаватель) регулирует процесс так, чтобы могли сталкиваться разные мнения. В случае семинара-конференции отдельный студент или группа заранее определяет свою тему («Альтернативная энергетика», «Наночастицы в диагностике и лечении заболеваний», «Наносенсоры», «Нанотоксикология» и др.), подает заявку на участие и представляет свой блок информации в виде компьютерной мультимедийной презентации.

Проблематика курса «Нанохимия» также положена в основу одноименного спецкурса для студентов научно-педагогического направления, специализирующихся на кафедре неорганической химии, спецкурса для студентов научно-производственного направления и курса по выбору «Избранные главы нанохимии» для специальности 1-31 05 02 Химия лекарственных соединений. Методы исследования далее продолжают изучаться в соответствующих спецкурсах повышенной сложности по электронной микроскопии и рентгенофазовому анализу.

Литература

1. Goodhew P. Education moves to a new scale // *Nanotoday*. 2006. Vol. 1, iss. 2. P. 40–43.
2. Мелехов В. О., Емелин Н. М., Артамонов Ю. Н. Аналитический обзор деятельности научно-образовательных центров национальной нанотехнологической сети // *Российские нанотехнологии*. 2010. Т. 5. № 11–12. С. 6–9.
3. Садовничий В. А. Образование в области нанотехнологий в классических университетах // *Роснанотех: Международный форум по нанотехнологиям*. Сб. тез. докл. Москва. 2008. Т. 2. С. 442–444.
4. Филонов А. С. Организация интернет-практикума по СЗМ на физическом факультете МГУ // *Образование в сфере нанотехнологий: современные подходы и перспективы*: сб. тез. I Междунар. конф. Москва. 2010. С. 91.
5. Братенникова А. Н. Обучающе-исследовательский принцип в естественно-научном образовании // *Адукацыя і выхаванне*. 2001. № 2. С. 8–14.
6. Сергеева О. В. Отбор содержания спецкурса «Избранные главы нанохимии» для студентов химического факультета университета // *Свиридовские чтения*: сб. ст. Вып. 3. Минск, 2006. С. 236–240.
7. Сергеева О. В., Воробьева Т. Н., Ивашкевич Л. С. Элективный курс «Нанохимия» // *Свиридовские чтения*: сб. ст. Вып. 9. Минск, 2015. С. 264–271.