УДК 541.183:538.9

А.Г.СЫРКОВ, Э.И.БОГУСЛАВСКИЙ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
В.Г.КОРСАКОВ
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СКВОЗНОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО (ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКОГО) ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Рассмотрены значение, базисные принципы, методологические основы и примеры сквозного нанотехнологического образования в техническом университете. Это образование включает в себя освоение студентами фундаментальных основ нанотехнологии на занятиях по физике и химии, изучение возможностей нанотехнологии в спецкурсах и ориентированное на нанообъекты обучение лучших выпускников в аспирантуре по специальностям «Химическая физика» и «Физическая химия».

The importance, general principles, methodological bases and examples of through nanotechnology education are considered. That education includes the mastering of nanotechnology's fundamentals on physics and chemistry studies by students, the learning of nanotechnology opportunities on special courses and oriented (on nanoobjects) teaching of best graduates in postgraduate studentship on specialities such as «Chemical physics» and «Physical chemistry».

В настоящее время весьма популярной является идея сквозного экологического образования, которая успешно реализуется в ряде технических вузов [1]. Представляется очевидным, что для будущих производственников и инженеров-исследователей еще более важным является овладение новыми и перспективными методами и концепциями в технике и технологии, в том числе для решения экологических проблем. К подобным методам, помимо компьютерных технологий, в XXI в., безусловно, относятся методы нанотехнологии [11]. Не будет преувеличением сказать, что в значительной мере благодаря миниатюризации размера блока записи информации до сотен нанометров (и ниже) мы стали свидетелями широчайшего внедрения компьютера и Интернета в повседневную жизнь [2, 11]. Но главное – методы нанотехнологии подготовили и продолжают обеспечивать существенные достижения в области наноэлектроники, нанотрибологии, новых композиционных и порошковых материалов, в молекулярной хирургии, в создании атомных лазеров и т.д. Интерес мирового сообщества к нанотехнологиям и наноматериалам на государственном уровне подчеркивается многими факторами [2, 3, 11]. В последние годы в России подготовку кадров в этой области ведут 11 вузов и существует госзаказ по ряду тем с серьезным финансированием (см. http://www.goszakupki.ru).

На практике преподаватели, читающие курсы лекций по фундаментальным дисциплинам (по физике, химии и др.), часто сталкиваются со следующей проблемой. Некоторые крупные открытия, например в области физики, имеющие большое значение для естествознания и техники и нашедшие применение на бытовом уровне, практически не освещаются в существующих учебниках, программах, государственных образовательных стандартах и т.д. Лучший сценарий знакомства студентов с подобными открытиями – это прослушивание в рамках спецкурсов, соответствующей информации, адаптированной под профиль выпускающей

кафедры. Чаще всего это происходит без связи с фундаментальными основами открытия и без опоры на материал, читаемый студентам на младших курсах в лекциях по общей физике. Тогда нарушаются, по крайней мере, два принципа, определяющих качество высшего образования: непрерывность-преемственность и фундаментализация учебного процесса. Последний принцип является приоритетным для образования в техническом университете.

Довольно ярким примером выдающегося открытия в физике, которое вывело научно-технический прогресс на качественно новый уровень («наноуровень») в последние 20 лет, является открытие сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) [10], к сожалению, обделенного вниманием в традиционных курсах и программах по физике. Подобная участь постигла и органично связанные с СТМ вопросы о нанофизике, наноструктурах, нанотехнологии. Попробуйте найти в явном виде хотя бы слово по названной проблематике в признанных учебниках по физике, изданных в 2000-2004 гг. для вузов нефизического профиля, например в работе [8]. Ранее [2, 5, 6] мы подробно рассматривали, как, исходя из объективно назревшей необходимости «сквозного» нанотехнологического образования [7] по техническим специальностям вузов, происходит знакомство с элементами нанофизики у студентов СПГГИ (ТУ) и государственного Санкт-Петербургского технологического института (СПбГТИ) при прохождении ими отдельных разделов физики. В данной работе мы хотим показать, что при изучении курса общей физики в последнем семестре (как правило, это вопросы атомной физики) возникает возможность более систематизированного и целостного изложения фундаментальных основ нанотехнологии без ущерба для программного материала. Более того, благодаря практической направленности нанонауки [4, 11], как показывает наш опыт, для будущих инженеров подобное изложение является более наглядным и повышает мотивацию усвоения весьма сложных и абстрактных физических понятий (волновая функция, принцип неопределенности и т.д.).

Завершающая стадия изучения физики практически для всех технических специальностей включает рассмотрение элементов квантовой физики, квантовой механики, теории химической связи, квантовой статистики, неравновесной термодинамики. Все эти разделы представляют собой теоретические основы химической физики – относительно молодой и бурно развивающейся области современной физики [4, 9]. Наноразмерные системы и методы их получения находятся сейчас в центре внимания химической физики потому, что нанометровый масштаб материи открывает новые свойства вещества и позволяет изучать необычные эффекты квантово-механической природы [2, 4, 11]. Из сказанного следует, что в значительной мере вопросы атомной физики, обсуждаемые в вузовском курсе, – это основы и элементы химической физики, на которую, в свою очередь, опирается современная нанотехнология. Методические аспекты преподавания физики в обозначенном «нанотехнологическом» ключе подробнее приведены в учебном пособии [2]. Здесь же отметим два важных момента. Во-первых, при отсутствии среди лекторов, читающих курсы общей и физической химии, специалистов по наноструктурам, по химии и физике поверхности (в СПГГИ (ТУ) – это так), единственная возможность получить системные первичные представления по этим важным вопросам связана у студентов младших курсов с обучением преподавателями кафедры физики. Во-вторых, преподавание элементов химической физики с «нанотехнологической» направленностью имеет методологическое значение для подготовки специалистов с высшим образованием, способных внедрять высокие технологии XXI в. в своей конкретной области, а также – для послевузовской подготовки специалистов высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) на стыке физики и химии: по химической физике, физической химии и другим научным дисциплинам. Учебное пособие [2] используется не только аспирантами, но и студентами при чтении лекций по физике на горном, горно-электромеханическом и металлургическом

факультетах, в курсе теплофизики по специальности «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей».

Может показаться парадоксом факт, что, несмотря на очевидную востребованность специалистов по химической физике и существование в реестре научных специальностей ВАК специальности «Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва», в «культурной столице» России нет аспирантуры по названной специальности. Кроме того, работы в области химической физики наноструктур активно ведутся во многих институтах РАН и вузах СПб (в СПбГУ, например, есть научный отдел химической физики при кафедре общей физики), в том числе в СПГГИ. В СПГГИ (ТУ) есть и кадровый состав, и научно-техническая база, чтобы организовать аспирантуру по специальности «Химическая физика», работают межфакультетская лаборатория теоретической и экспериментальной химии, лаборатория физики взрыва, комплексная учебно-научная лаборатория физики, научно-образовательный центр (НОЦ) СПГГИ (ТУ) с уникальным физическим оборудованием, многочисленные компьютерные классы. На горном факультете на базе профилизации «Взрывные процессы и технологии» с 1999 г. готовят инженеров по специальности «Взрывное дело». Есть и определенные исторические предпосылки развития исследований на стыке физики и химии в стенах Санкт-Петербургского горного института. Примерно до середины XIX в. физики и химики работали на одной кафедре. Междисциплинарные по сути исследования выдающихся ученых (Р.Э.Ленц, А.Ф.Иоффе, К.В.Бутков, Л.Я.Сена и др.), работавших на кафедре физики, продолжаются и в наши дни. А.Ф.Иоффе, известный академик и организатор Физико-технического института, был научным руководителем Н.Н.Семенова – будущего Нобелевского лауреата в области теории цепных реакций и создателя отечественной школы по химической физике. Перечисленные факторы в совокупности с богатыми информационными ресурсами (книжно-журнальное собрание в 1,5 млн изданий) высоким рейтингом и статусом Горного института как особо ценного объекта в образовательной системе РФ дают основание продолжить работу по лицензированию подготовки аспирантов по специальности «Химическая физика». Особенность такой подготовки в СПГГИ (ТУ) состоит в том, что кандидатуры в аспирантуру выбирают из выпускников горного и металлургического факультетов, успешно занимающихся НИРС на кафедре физики [6, 7], а кандидатские диссертации – готовят на соискание степени кандидата технических наук по специальности «Химическая физика». Наличие таких специалистов-практиков, обладающих соответствующими фундаментальными знаниями, актуально сейчас для создания необходимой инфраструктуры и массового внедрения методов нанотехнологии в научно-образовательных учреждениях и на производстве [3]. Более того, организация сквозного нанотехнологического (по сути, химико-физического) образования предоставляет много возможностей для реализации основных принципов высшего и послевузовского образования в техническом университете, в том числе его альтернативности и многоуровневости.

Данная работа выполнена при поддержке ISSEP по грантам № D307-2002, D290-03, S573-03.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуткин В.И.* Безопасность жизнедеятельности / Северо-Западный политехнический ин-т. СПб, 2000. 202 с.

2. *Корсаков В.Г.* Физика и химия – в нанотехнологиях / В.Г.Корсаков, А.Г.Сырков, Л.П.Велютин. СПб: Изд-во РТП ИК «Синтез», 2002. 64 с.

3. *Путилов А.В.* Перспективы применения нанотехнологий и наноматериалов // Проблемы и достижения физико-химических и инженерных наук в области наноматериалов. М.: Изд-во ГНЦ РФ НИФХИ им.Л.Я.Карпова, 2002. С.3-4.

4. *Сергеев Г.Б.* Химическая физика на пороге XXI века. М.: Наука, 1996. 160 с.

5. *Сырков А.Г.* Освещение междисциплинарных проблем и естественно-научных основ нанотехнологии в курсе физики для технических университетов / А.Г.Сырков, В.Г.Корсаков, Э.И.Богуславский // Физика в системе инженерного образования России / Московский авиационный ин-т. М., 2002. С.49-52.

6. *Сырков А.Г.* Освещение приложений явления дифракции в современном курсе физики для технических университетов / А.Г.Сырков, Э.И.Богуславский // Физика в системе инженерного образования России / Московский авиационный ин-т. М., 2003. С.169-172.

7. *Сырков А.Г.* Освещение элементов химической физики в современном курсе физики для технических университетов, роль в послевузовском образовании / А.Г.Сырков, Э.И.Богуславский // Физика в системе инженерного образования России / Московский авиационный ин-т. М., 2004. С.150-153.

8. *Трофимова Т.И.* Курс физики: Учебник. М.: Высшая школа, 2001. 542 с.

9. Химический энциклопедический словарь. М.: СЭ, 1983. 620 с.

10. *Binning G.* Sceanning tunneling microscope / G.Binning, H.Rohrer // Rev. Mod. Phys. 1987. V.59 P.615-620.

11. Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology / Eds M.C.Roco, W.S.Bainbridge. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2001. 384 p.