

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

Н.А. Кузина, канд. пед. наук, доцент

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
(Россия, г. Казань)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10849

*Аннотация.* В статье рассматривается актуальность применения нанотехнологий и их интеграция в образовательном процессе. На примере изучения курса общей физики мы знакомим и внедряем в учебный процесс новые технологии для повышения уровня знаний, умений и навыков студентов технического вуза для достижения и использования их в будущей профессиональной деятельности.

*Ключевые слова:* нанотехнологии, информационные технологии, физика, образовательный процесс, качество обучения.

Современный образовательный процесс определяет новые требования к подготовке специалистов технического профиля. Применение информационных технологий в высшей школе существенно повышает уровень компетентности студентов с последующим их применением в своей профессиональной деятельности, при решении конкретных профессиональных задач и в повседневной жизни. Принципиальное отличие в системе подготовки кадров вуза в нашей стране заключалось в том, что высшее техническое образование формировало обширное продуктивное мышление на протяжении всего периода обучения. Это не прерогатива выпускников факультетов технического или естественнонаучного профиля высшей школы, это требование, предъявляемое временем к любому специалисту высокого профиля.

Переход российской системы высшего образования к новым формам обучения будет ужесточать требования к изучению общеобразовательных дисциплин технических вузов с использованием моделей процессов, происходящих в обществе, в устройствах, в производственных циклах и привязки их к современным технологиям.

Популярные сегодня термины «нанотехнологии», компьютерные технологии, IT – технологии, генные модификации и многообразие других названий проникают из сферы чисто научных сведений в будничную жизнь. Наука словно утрачивает свое «элитное» назначение, превращаясь в

инструмент повседневности, трансформируя содержание, структуру и формы учебного процесса.

Сокращение учебных часов, приходящихся на аудиторные занятия по курсу общей физики в рамках высшего технического образования в связи с переходом на болонскую систему, заставляет искать новые формы и способы донесения ключевых знаний по предмету. Включение в изучаемый материал, конкретных примеров, связанных с нанотехнологиями позволяет решать ряд задач. Во-первых, для студентов популярное слово «нанотехнологии» наполняется конкретным содержанием, таким образом, формируется техническая культура в использовании терминологии. Во-вторых, конкретные модели, являющиеся фундаментальными в курсе общей физики, иллюстрирующими физический смысл рассматриваемых физических явлений, приобретают повышенную значимость, поскольку показывают связь знаний, полученных в рамках изучаемой дисциплины с требованием времени. В-третьих, решается и задача, стоящая перед вузами, которые вовлечены в развитие приоритетных научных направлений, определенных государственными программами для технических вузов, так как улучшается целевая подготовка кадров для актуальных направлений производства.

На первой, по существу, вводной лекции, посвященной началу изучения курса общей физики, при объяснении значимо-

сти законов «Механики», можно показать, как простейшие законы классической механики, применяемые к отдельным объектам макромира, окружающего нас, важны и для него, который меняет функциональное назначение многих предметов, используемые, как в повседневной жизни, так и в производственных целях.

В лекционных материалах, например, при изучении энергии, следует рассказать о наномоторе – молекулярном устройстве, способном преобразовывать энергию в движение [1, 2]. При этом внимание студентов фиксируется, не только на новом устройстве микромира, но и на единицах измерения сил молекулярных моторов белков, измеряемых в пиконьютонах. Пример двигательных белков, перемещающих «груз», в виде различных молекул по каналам микротрубочек внутри клеток, позволяет акцентировать внимание на том, что знания о механизмах передвижения изучаются в рамках различных технических дисциплин, и приобретают новую степень актуальности в связи с внедрением новых технологий.

При изучении раздела «механики», связанного с вращательным движением крайне важно рассказать о молекулярных роторах, представляющих из себя синтетические наноразмерные двигатели, которые генерируют крутящий момент при приложении к ним достаточного количества энергии [3, 4].

Не меньший интерес вызывает рассказ о молекулярных пропеллерах – наноразмерных молекулах, имеющих форму винта, которые способны совершать вращательные движения из-за своей особой пространственной формы, аналогичной форме макроскопического винта [5, 6].

При изучении основных положений «молекулярной физики» возможности использования примеров, связанных с нанотехнологиями существенно расширяются:

Во-первых, при сравнительном изучении модели идеального и реального газа можно привести пример создания молекулярного манипулятора, в основе действия которого силы гравитационного взаимодействия, которые действуют в микромире, будут оказывать все меньшее влияние,

а силы межмолекулярных взаимодействий и Ван-дер-Ваальсовы силы будут значительными. При этом можно заострить внимание на том, что именно российская школа теоретиков, работающая с ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями в микрообъектах, является наиболее сильной в мире.

Во-вторых, при рассмотрении физических моделей, применимых для жидкостей, можно рассказать о нанофлюидике [7] – разделе гидродинамики наноструктурных жидкостей, когда проявляются такие нетипичные свойства, как, например, резкое увеличение или уменьшение вязкости возле стенок нанокпилляров, изменение термодинамических параметров жидкости, а также и то, что проявляется нетипичная химическая активность на границе раздела твердой и жидкой фаз.

В-третьих, при рассказе о важности изучения межмолекулярных взаимодействий можно упомянуть о такой новой науке, как супрамолекулярная (надмолекулярная) химия, включающая в себя химические, физические и биологические аспекты рассмотрения более сложных, чем обычные молекулы, химических систем, связанных в единое целое посредством межмолекулярных (нековалентных) взаимодействий, образующих своеобразные блоки [8].

При изучении проводимости диэлектриков, полупроводников и проводников в рамках раздела курса общей физики «электричество» и «магнетизм» формируются начальные знания о моделях и законах микромира. Использование физических моделей, составляющих основу зонной теории проводимости, позволяет показать студентам, каким образом можно с единых позиций объяснить классификацию материалов на основании различия их способности к пропусканию электрического тока.

Уменьшение размеров устройств, стало естественным процессом современной электроники. При этом экономические затраты возрастают, их снижение – это, по существу, задача, которую способны решить нанотехнологии в рамках развития электроники.

В рамках данной темы прекрасным примером, демонстрирующим возможности наноматериалов, является широкая область применения графена – монослоя атомов углерода. Графен был получен в 2004 году и еще мало изучен. За «передовые опыты с двумерным материалом – графеном» А. К. Гейму и нашему бывшему соотечественнику К. С. Новосёлову была присуждена Нобелевская премия по физике за 2010 год [9]. Если будет решен вопрос формирования «запрещенной зоны» графена, то он заменит кремний в интегральных микросхемах. Графен можно также использовать для изготовления электродов в ионисторах (суперконденсаторах) для использования их в качестве перезаряжаемых источников тока. Опытные образцы ионисторов на графене имеют удельную энергоёмкость 32 Вт·ч/кг, сравнимую с таковой для свинцово-кислотных аккумуляторов (30–40 Вт·ч/кг). В печати появились сведения о создании нового типа светодиодов на основе графена, при этом отмечалась низкая цена по утилизации.

Пример с графеном, характеризующимся монослоем, можно дополнить вторым примером, который является не менее эффективным. Это принц – технологии, или процесс формирования трёхмерных микро- и наноструктур, основанный на отделении напряжённых полупроводниковых плёнок от подложки с последующим сворачиванием их в пространственный объект. Технология названа в честь учёного из Института физики полупроводников СО РАН В.Я. Принца, предложившего этот метод еще в 1995 году [10, 11].

При изучении электромагнитных колебаний, создаваемых в электрических цепях, в качестве примера, можно рассмотреть альтернативные способы получения сигналов. Здесь уместно рассказать об антенне-осцилляторе размерами порядка 1 мкм, созданной в 2005 году в лаборатории Бостонского университета. Это устройство насчитывает 5000 миллионов атомов и способно осциллировать с частотой 1,49 гигагерц, что позволяет передавать с её помощью огромные объёмы информации [12].

В рамках данной темы, как правило, рассматривается и явление резонанса, в связи с этим, наряду с примерами открытия в Казани электронного парамагнитного резонанса и рассказе о современной казанской школе физики, и в особенности, о резонансной спектроскопии, уместно рассказать и плазмонах. Плазмоны – это коллективные колебания свободных электронов в металле. В начале 2000-го года был дан толчок к развитию новой области наноплазмонике, основанной на технологии изготовления частиц наноразмеров. В результате оказалось возможным передавать электромагнитное излучение вдоль цепочки металлических наночастиц с помощью возбуждения плазмонных колебаний [13, 14].

При завершении рассмотрения раздела «магнетизм» можно рассказать о современном научном глобальном проекте Spinhenge@home. Это – проект добровольных вычислений на платформе BOINC. Целью проекта является целенаправленный синтез специально спроектированных магнитных молекул (например,  $Mo_{72}Fe_{30}$  и  $Mo_{72}Cr_{30}$ ) на основании квантово-механического моделирования с использованием метода Монте-Карло (алгоритм Метрополиса), результаты которого можно непосредственно сравнивать с экспериментом. При этом запланировано расширение данных о молекулярном магнетизме и поиске возможностей использования в прикладных областях. Начало вычислений датируется 2006 годом, и иницированы они Университетом прикладных наук в Билефельде, департаментом электротехники и информатики, в сотрудничестве с Министерством энергетики США и Лабораторий Эймса Университета Айовы, а в 2010 году в них приняли участие 56000 добровольцев (141000 компьютеров) из 183 стран, обеспечивая вычислительную мощность в 5.8 терафлопс. Перспективной областью практического применения этого проекта является создание высокоинтегрированных модулей памяти и миниатюрных магнитных выключателей. Прогнозируется и актуальнейшая область применения – локальная химиотерапия опухолей [13].

Все рассмотренные темы могут быть предложены студентам в образовательном процессе, например, в качестве тем рефератов для самостоятельной работы в рамках практических занятий и семинаров. Отметим при этом, что основным источником информации при изучении практического использования нанотехнологий является, безусловно, интернет, и не только из известного и наиболее популярного интернет издания Википедия [12], но и из зарубежных сайтов, что потребует необходимости знания у студентов и иностранного языка.

Приведенные в статье примеры с нанотехнологиями и наноматериалами актуализируют базовые знания обучающегося,

развиваемые в рамках общеобразовательного курса общей физики, с одной стороны, а с другой стороны, показывают студенту необходимость интегрируемых подходов, которые возможны только в случае, если у специалиста сформировано продуктивное мышление и есть прочные знания по базовым предметам высшей школы [15]. Достижения, полученные в результате применения и внедрения интегрированных технологий, обогащают традиционные знания, придавая им остроту новизны, повышая интерес к такому общеобразовательному предмету, как физика в высшей школе, что, несомненно, сказывается на повышении качества обучения в высшей технической школе.

#### Библиографический список

1. Carlo Montemagno, Constructing Biological Motor Powered Nanomechanical Devices / Carlo Montemagno (и др.) // *Nanotechnology* 10 – 1999. – V. 225-231.
2. Keith D. Bonin, Light torque nanocontrol, nanomotors and nanorockers / Keith D. Bonin and Bakhit Kourmanov // *OPTICS EXPRESS* 984. – 2002. – №19. – V. 10.
3. Данилов, А. От форсунок до сенсоров. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru>.
4. Kyle Lund, Molecular robots guided by prescriptive landscapes / Kyle Lund, Anthony J. Manzo, Nadine Dabby, Nicole Michelotti, Alexander Johnson-Buck, Jeanette Nangreave, Steven Taylor, Renjun Pei, Milan N. Stojanovic, Nils G. Walter, Erik Winfree, Hao Yan // *NanoWeek*. – 2010. – №108 – V. 465.
5. Дж. Васек, Молекулярные «игрушечные» конструкции: Компьютерная симуляция молекулярных пропеллеров / Дж. Васек и Дж. Митчелл. – 1997. – №21. – С. 1259.
6. Симпсон, С.Д. Наноразмерные молекулярные пропеллеры в циклогидрогенизации полифениленовых дендример / С.Д. Симпсон, Гр. Маттерстейг, К. Мартин, Л. Герхель, Р.Е. Байер, Х. Дж. Рейдер и К. Мюллен. – 2004. – №126. – С. 3139.
7. Herold, К.Е.,) Lab-on-a-Chip Technology: Biomolecular Separation and Analysis / К.Е. Herold, А. Rasooly // Caister Academic Press. – 2009. – ISBN 978-1-904455-47-9 – V.2.
8. Пожарский, А.Ф. Самоорганизующиеся молекулы / А.Ф. Пожарский // *Супрамолекулярная химия* Ч. 2. Соросовский образов. журн. – 1997. – Т. 9. – С. 40-47.
9. Novoselov, K. S. et al. «Two-dimensional atomic crystals», *PNAS* **102**, 10451 (2005) DOI:10.1073/pnas.0502848102
10. Prinz V. Ya. et. al. Nanoscale engineering using controllable formation of ultra-thin cracks in heterostructures *Microelectronic Engineering* **30**, 439 (1996) DOI:10.1016/0167-9317(95)00282-0
11. Prinz V. Ya. et al., Free-standing and overgrown InGaAs/GaAs nanotubes, nanohelices and their arrays *Physica E* **6**, 828 (2000) DOI:10.1016/S1386-9477(99)00249-0.
12. Википедия. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wikipedia.org/wiki>
13. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.qub.ac.uk/mp/con/plasmon/sp1.html>
14. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://home.hccnet.nl/ja.marquart/BasicSPR/BasicSpr01.htm>
15. Садыкова, А.Ю. Начальные сведения о нанотехнологиях в разделах «Механика» и «Молекулярная физика» курса общей физики технологического университета / А.Ю. Садыкова, Н.А. Кузина // *Вестник Казан. технол. ун-та*. – 2011. – № 1. – С. 246-248.

**APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF  
THE HIGHER TECHNICAL SCHOOL**

**N.A. Kuzina**, *candidate of pedagogical sciences, associate professor*  
**Kazan national research technological university**  
**(Russia, Kazan)**

***Abstract.** The article discusses the relevance of the application of nanotechnology and their integration in the educational process. Using the example of studying general physics, we introduce and introduce new technologies into the learning process to increase the level of knowledge and skills of technical college students to achieve and use them in their future professional activities.*

***Keywords:** nanotechnologies, information technology, physics, educational process, quality of education.*