– о курсовом проектировании,
– о расчетно-графических работах и рефератах,
– об организации обучения по элективным дисциплинам,
– о курсовых экзаменах и зачетах,
– о производственной практике студентов и пр.

5. Оценка качества учебного процесса; положения:

– о внутривузовской системе оценки качества образовательного процесса,
– об организации текущего контроля знаний студентов,
– о межсессионной аттестации студентов,
– об итоговой государственной аттестации выпускников,
– о системе рейтинга студентов и преподавателей,
– о самоаттестации кафедры и факультета,
– о смотре-конкурсе на лучшее учебно-методическое издание и пр.

Образовательный стандарт ЯГТУ разрабатывается в соответствии с Законами Российской Федерации «Об образовании», «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», приказом Министерства образования РФ от 6.08.99 г. № 167, Типовым положением об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении) Российской Федерации, другими информационными и инструктивными письмами, нормативными актами Министерства образования РФ, Уставом Ярославского государственного технического университета, решениями Ученого совета Ярославского государственного технического университета.

Внедрение образовательного стандарта вуза будет способствовать совершенствованию организации и планирования учебной работы, ее содержания и эффективности, повышению качества подготовки специалистов.

УДК 537(075.8)

А.Н. Вислович, доцент; И.И. Наркевич, профессор; А.Е. Почтенный, доцент;
А.В. Мисевич, ст. преподаватель

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ

In connection with development of hi-tech manufactures in programs of a rate of physics has ripened necessity of revision of the usual proportions for representation of classical and modern laws. Experience of faculty of physics on reorganization of a theoretical rate and a laboratory practical work is discussed with the purpose of the decision of this problem.

Введение. Развитие любой отрасли знаний включает этапы эволюционные, когда идет постепенное накопление сведений в рамках сложившейся системы, и революционные, когда изменяется сама система вследствие формирования новых понятий. В развитии физики XX столетия можно выделить два революционных этапа. В течение первого (три первых десятилетия) сформировались релятивистская и квантовая теории, которые составляют фундамент современной физики. В ходе второго (60–70-е годы) на основе этого фундамента были достигнуты успехи в описании свойств материи всех структурных уровней – элементарных частиц, конденсированного состояния вещества, Вселенной в целом.

Активное освоение новых знаний в системе образования начинается после того, как они находят жизненно важные для общества применения. Достижения физики начала XX столетия носили в основном мировоззренческий характер. Они сравнительно медленно внедрялись в общественное сознание и до середины столетия часто характеризовались как «странные» и «парадоксальные». Достижения второго этапа в области квантовой теории твердого тела и квантовой оптики достаточно быстро вошли в технологию, технику, образование и обеспечили стремительное развитие информационных технологий на рубеже столетий. Типовая программа, в которой нашли последовательное отражение достижения послевоенного этапа развития физики, была разработана в 1988 году [1] и в целом не потеряла своей актуальности за прошедшие полтора десятилетия. Вместе с тем в силу обширности учебного материала программы ее реализация представляет серьезную научно-методическую задачу. Рассмотрение особенностей ее решения кафедрой физики БГТУ составляет предмет настоящей работы.

В условиях наблюдаемого ускорения темпов развития науки и производства важным критерием отбора содержания и методов обучения является разумный баланс между традициями и новшествами. Новации в высшей школе являются неотъемлемой частью педагогического мастерства и призваны разрешить имеющиеся проблемы или снизить их отрицательное воздействие на ход учебного процесса. В этом смысле инновационные образовательные технологии или проекты следует рассматривать как отклик системы образования на изменяющиеся условия ее функционирования.

Характерной особенностью современного этапа в развитии образования явилось внедрение в практику преподавания информационных технологий: обучающих и контролирующих программ, мультимедийных учебников, программных комплексов для демонстрации и моделирования физических явлений. На первых порах энтузиасты полагали, что эти технологии способны быстро и коренным образом изменить сложившуюся ранее систему образования. Несомненно, что эти новшества существенно помогают продвинуться в освоении программы [1], в особенности в плане подачи материала и приобретения студентами необходимой эрудиции в области современной физики. Вместе с тем в плане решения двух других важнейших задач подготовки инженеров и технологов по физике – развития аналитических и, в особенности, практических навыков возможности компьютеров ограничены. В этом плане при составлении и реализации рабочих программ, на наш взгляд, важно сохранить и развивать накопленный еще в «докомпьютерные» времена опыт организации учебного процесса в высшей школе.

Проблема отбора и компоновки материала при построении теоретического курса. На процесс преподавания физики в современных условиях, осуществляемый в достаточно жестких временных рамках, оказывают существенное воздействие быстро развивающиеся наукоемкие и высокотехнологичные производства, среди которых наиболее часто упоминаются нанотехнологии. В связи с этим назрела необходимость пересмотра сложившихся пропорций между материалом классической и современной (квантовой) физики, который включается в учебные программы ВТУЗов, и построения современного курса физики при оптимальном использовании новых возможностей, открываемых информационными технологиями.

Основная идея разрабатываемого (авторами пособия [4], А.Н. Висловичем, А.Е. Почтенным) подхода состоит в том, чтобы на протяжении всего периода преподавания была возможность органически увязывать классическую физику с квантовой механикой и квантовой статистикой, что обеспечит постепенное «привыкание» студентов к «ненаглядным» понятиям современной физики. Это привело к существенной пере-

794346
БІБЛІЯТЭКА

стройке порядка изложения теоретического материала, принятого, к примеру, в [1]. Ранее квантовая механика во ВТУЗах изучалась в четвертом семестре (при трехсеместровом курсе физики). Сейчас основы этого раздела – представления о корпускулярно-волновом дуализме, волновой функции микрочастиц, а также простейшие применения уравнения Шредингера – студенты изучают уже в конце второго семестра (что особенно важно для студентов химико-технологических специальностей). Такая перестановка позволяет начать знакомиться с основами квантовой статистики и квантовой теории твердого тела в третьем семестре в разделе «Молекулярная физика», закреплять этот материал в «Электромагнетизме» и «Оптике» и осмысленно использовать в заключительном разделе «Строение вещества и его свойства». Восприятие понятий квантовой механики невозможно без основательного освоения колебательных и волновых процессов, ознакомление с которыми начинается уже в кинематике и продолжается в динамике и механике сплошной среды. Изучение механических колебаний и волн в разделе «Механика» оправдано также потому, что эти процессы представляют хороший пример приложения общих законов механики и по сложившейся практике используются в первом цикле лабораторного практикума.

Рационализации теоретической части курса способствуют и другие примеры введения на начальных этапах сложных, но универсальных понятий. Существенный выигрыш во времени дает введение понятия комплексной амплитуды колебаний уже в кинематике и его использование на всех последующих этапах, тем более что в квантовой механике в принципе невозможно обойтись без этого понятия. Для всех разделов физики большое значение имеют понятия потока и плотности потока физических величин. На наш взгляд, во всех известных к настоящему времени программах и пособиях их универсальность должным образом не была использована. Своевременное освоение этих понятий (в рамках темы «Элементы механики сплошной среды») создает основу для единого подхода при рассмотрении целого ряда вопросов (основное уравнение молекулярно-кинетической теории, давление света, туннельный ток, законы акустики, переноса, электростатики, постоянного тока, электромагнетизма и др.). Как показывает практика, внедрение этих новшеств (А.Н. Вислович) позволяет существенно рационализировать теоретический курс. Значительные резервы времени кроются в более тесной, нежели это сейчас получается, междисциплинарной увязке рабочих программ по физике, математике, вычислительной технике и математическому моделированию, химическим дисциплинам.

Проблема подачи материала. Разрабатываемая кафедрой концепция нашла свое отражение при подготовке методического обеспечения курса физики. В частности, она положена в основу новых учебных программ для технологических и технических специальностей химико-технологического профиля [2, 3], учебных пособий [4, 5], лабораторного практикума в 6-ти частях, а также подготовленного к выходу нового учебника по физике. В этой книге, представляющей собой переработанный вариант пособия [4], введено существенное новшество: наряду с изложением традиционного содержания курса приводится информация о новых эффектах, устройствах и технологиях, разработанных на основе достижений современной физики. Ниже приведены названия разделов книги и перечень содержащихся в них сообщений о новых разработках.

Раздел 1. Механика классическая, релятивистская и квантовая. Измерение малых сил. Упругость полимерной цепочки. Гравитация на малом расстоянии. Изменение гравитационной постоянной со временем. Обратное резерфордовское рассеяние. Микроакселерометр. Дифракционная решетка для морских волн. Доплеровский радар.

Ультразвуковая интроскопия. Направление времени. Квантовые свойства больших молекул. Квантование электрической проводимости. Квантовая связь. Квантовый компьютер. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ, пример изображения, полученного с помощью СТМ, представлен на рис. 1).

Раздел 2. Молекулярная физика. Термометр из нанотрубки. Синтезирован минимально возможный фуллерен C_{20} (изображения молекулы фуллерена и нанотрубок представлены на рис. 2). Новый тип холодильника. Солнце и человек – враги озонового слоя. Экспериментальное наблюдение нарушения второго закона термодинамики в малых системах. Температура атомных ядер. Молекулярный мотор. Всефазное уравнение состояния. Микроскопический гигрометр. Аморфная и твердая вода. Кристаллический лист Мебиуса. Статистическая модель нелинейного деформирования молекулярных цепочек. Две фазы жидкой воды. Липкие и скользкие нанопузырьки. Исследование квантов тепловой энергии. Сканирующий туннельный микроскоп наблюдает, как туннелируют атомы. Мембраны высокой проницаемости: только для больших. Сверхтекучесть и бозе-конденсация.

Раздел 3. Электричество и магнетизм. Новое значение наименьшей величины электрического заряда. Кристаллизация в электрическом поле. Электростатический анализатор энергий для ЭСХА. Кварцевый пьезорезонатор и самые точные весы. Самый точный позиционер. Пусть сработает подушка безопасности. Источники света на основе автоэлектронной эмиссии. Остановимся на одном атоме. Магнитный «паровоз». Сканирующий электронный микроскоп. Дебют магнитного полимера. Тайвань: гонка за магнитными ОЗУ. Электромагнитный микромотор для жидкостных микросистем. Магнитный холод становится ближе. Поле вибрирующего диполя. Как заглушить «мобильник». ДНК под контролем. Вижу насквозь.

Раздел 4. Оптика геометрическая, волновая и квантовая. Фонарь «независимости». Новый оптомеханический эффект. Отрицательный показатель преломления. Взрыв? Да здравствует чистый воздух!

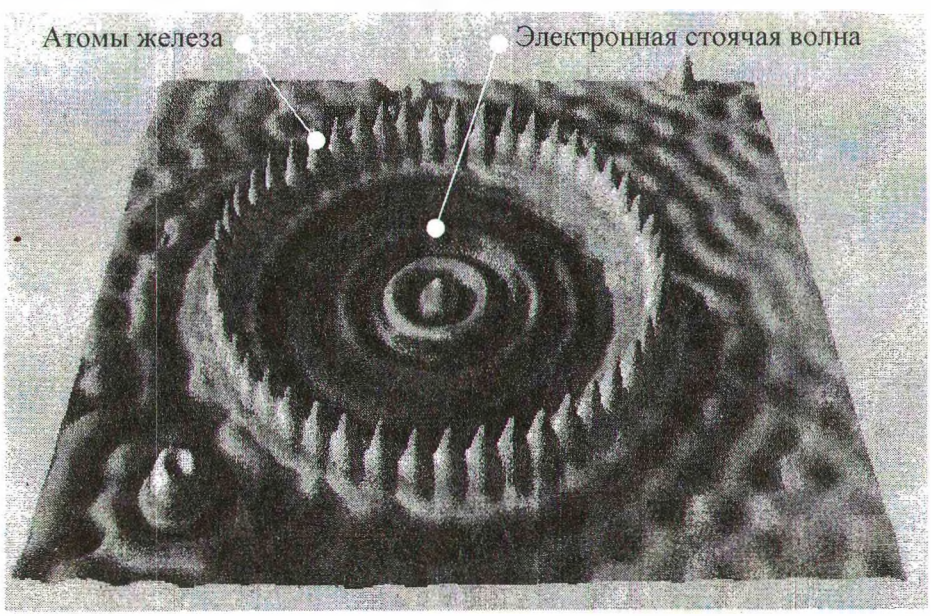

Рис. 1. СТМ-изображение искусственно синтезированного рельефа из атомов железа на поверхности меди

Раздел 5. Строение вещества и его свойства. Электромагнитное взаимодействие – обмен фотонами. ЭСХА. Микросейсмометр. Компьютерная рентгеновская томография. Неисчерпаемые возможности фотоэлементов. Транзистор как логический ключ. Электромеханический одноэлектронный транзистор. Энергия с орбиты. Волновой дисплей. Криотрон. Сквид. Ксерокопирование и лазерный принтер. Атомно-силовой микроскоп (АСМ, примеры изображений, полученных с помощью АСМ, представлены на рис. 2, 3). Атомные лазеры произведут революцию в микроскопии. Упругость молекулы РНК. Двигатели нанометровых размеров. На пути к следующему поколению CD.

Отметим, что «информация о достижениях современной науки» изложена мелким шрифтом, весьма кратко, на качественном уровне. Она связана с учебным материалом соответствующего подраздела только тематически и имеет целью пробудить интерес обучающегося к современному состоянию физической науки и расширить кругозор. Вместе с тем эта информация может положить начало для написания студентами рефератов и развития навыков самообразования. Приведем пример краткого сообщения о новой разработке.

Атомно-силовой микроскоп (АСМ). Этот прибор относится к семейству сканирующих зондовых микроскопов и измеряет силы взаимодействия между зондом и поверхностью исследуемого объекта. Зонд АСМ представляет собой микроконсоль, на свободном конце которой расположена острая игла. Вначале зонды изготавливались вручную из золотой фольги, а иглу (осколок кристалла алмаза) приклеивали эпоксидным клеем на свободный конец микроконсоли. В настоящее время они изготавливаются серийно с помощью технологий микросистемной техники (фотолитография и глубокое плазменное травление) из монокристаллов кремния. При приближении иглы к поверхности объекта микроконсоль сначала прогибается в сторону поверхности за счет сил притяжения, а затем при непосредственном контакте с поверхностью микрокон-

Рис. 2. АСМ-изображение и компьютерные модели фуллеренов

соль прогибается от поверхности силами отталкивания. По закону Гука для деформации изгиба стрела прогиба пропорциональна приложенной силе, в данном случае силе взаимодействия. Если при известной жесткости микроконсоли измерять стрелу прогиба, то можно рассчитать силовое взаимодействие. Наиболее распространенным методом измерения прогиба является так называемый метод оптического рычага, в котором используется лазер и секционный фотодиод. Лазерный луч фокусируется на поверхность микроконсоли и отражается на фотодиод. Нанометровый прогиб консоли вызывает смещение луча на фотодиоде на десятки микрон, а величина прогиба пропорциональна разности напряжений между секциями фотодиода. Такой сравнительно простой и дешевый метод позволяет преобразовывать силовое взаимодействие между зондом и поверхностью в электрические сигналы.

Самый простой режим изучения топографии поверхности объекта с помощью АСМ состоит в том, что обратная связь АСМ поддерживает постоянную силу взаимодействия путем отвода-подвода зонда в каждой точке поверхности в процессе сканирования. Сканирование поверхности создает изображение, соответствующее топографии поверхности. В настоящее время АСМ являются самыми распространенными сканирующими зондовыми микроскопами и используются не только в физике, химии и биологии, но и в промышленности для контроля качества поверхности в нанометровом масштабе.

Лектор может донести эту информацию с небольшими затратами времени, используя технические средства, особенно выигрышно здесь применение компьютеров и электронных экранов. Примеры демонстраций достижений современной физики, показывающие возможности нанотехнологий, представлены на рис. 1–3. На рис. 1 изображена «крепость», выстроенная из атомов железа на поверхности меди. В отгороженной области «крепость» сформировала стоячую электронную волну. Изображение получено с помощью туннельного микроскопа. На рис. 2 показаны модельные представления о

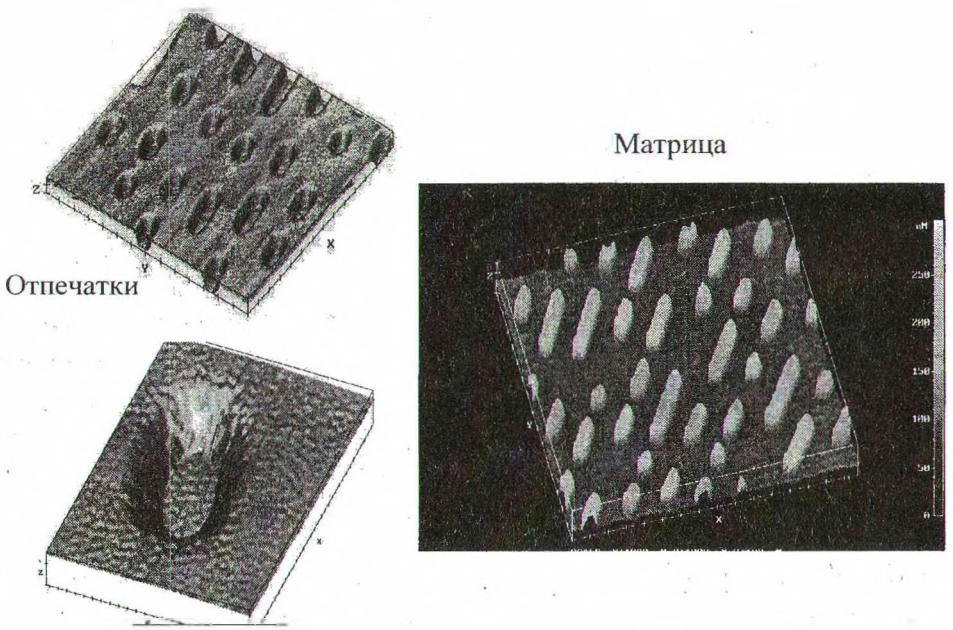

Рис. 3. АСМ-изображения матрицы для штамповки компакт-дисков и ее отпечатков

молекуле фуллерена C_{60} и углеродной нанотрубки, а также полученное методом атомно-силовой микроскопии изображение углеродной нанотрубки, осажденной на поверхность золота. На рис. 3 представлены АСМ-изображения поверхности матрицы, используемой для штамповки компакт-дисков, и поверхности компакт-диска, приготовленного методом штамповки.

Проблема лабораторного обеспечения курса. Для развития лабораторного обеспечения курса имеется два пути: во-первых, обновление и создание нового лабораторного и демонстрационного оборудования; во-вторых, расширение спектра лабораторных работ и демонстраций с использованием компьютерного моделирования. В практике преподавания используются традиционные лекционные демонстрации, разработанные под руководством А.М. Олехновича, на которых физические явления воспроизводятся в реальных условиях, а также комплекс компьютерных программ для демонстрации и моделирования физических явлений (В.В. Поплавский) на основе [6]. Внедряется (В.Р. Мадьяров) цикл модельных лабораторных работ «Фундаментальные опыты по физике».

Благодаря использованию компьютера аргумент о необходимости математической простоты моделей в курсе физики теряет свою неоспоримость. В круг рассмотрения можно включать объекты с достаточно сложными связями между параметрами, если только эти объекты имеют фундаментальное физическое содержание, такие, например, как насыщенный пар, фотонный, фононный, электронный газы и др.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что компьютерные модели, по нашему мнению, должны завоевать свою нишу за счет рассмотрения таких явлений, которые не получили экспериментальной реализации. Законы современной физики были открыты на сложных установках, а новые представления часто разрабатывались через мысленный эксперимент. Здесь имеется широкое поле для внедрения компьютерных моделей. Однако в последнее время наметилась тенденция создания чрезмерно компьютеризированных и автоматизированных лабораторных установок по традиционным темам физпрактикума. К такой модернизации следует относиться осмотрительно. Доля «ручного труда» в физпрактикуме не должна быть сведена к нулю, чтобы корни физической науки не исчезли из поля зрения изучающих физику. Хорошо отлаженные аналоги установок, на которых были открыты классические законы, на наш взгляд, будут сохранять свое значение. Они дают представления об ограниченности математических моделей, о погрешностях измерений и тех усилиях, которые нужно приложить, чтобы уменьшить эти погрешности, чего в принципе не могут сделать компьютерные модели.

Мы обсудили традиции и новации в отборе и подаче учебного материала, составляющего содержание курса. Другую трудоемкую часть деятельности преподавателей составляет обеспечение кафедральной рейтинговой системы знаний (коллоквиумы, тесты, контрольные и индивидуальные задания, отработки и др.), учитывающей своевременность освоения материала и качество знаний. Обсуждение соотношения традиций и новаций в этой области составляет тему особого разговора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа дисциплины «Физика». М.: Государственный комитет СССР по народному образованию, 1988.

2. Вислович А.Н., Олехнович А.М., Рудик К.И. Физика. Учебная программа для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений. Мн.: Министерство образования Республики Беларусь, 2001.

3. Волмянский Э.И., Гольман Л.П., Лобко С.И., Наркевич И.И. Физика. Учебная программа для химико-технологических специальностей высших учебных заведений. Мн.: Министерство образования Республики Беларусь, 2001.

4. Наркевич И.И., Волмянский Э.И., Лобко С.И. Физика для ВТУЗов. В двух частях. Мн.: Вышэйшая школа, 1992, 1994.

5. Вислович А.Н., Гольман Л.П., Лобко С.И., Мадьяров В.Р., Ратников Э.В., Рудик К.И. Сборник задач по физике для ВТУЗов: Учебное пособие для студентов инженерно-технических и технологических специальностей очного отделения. В трех частях. Мн.: БГТУ, 2002.

6. Сидорик В.В., Джилаварди И.З. Физика в компьютерных моделях. Образовательный программный комплекс компьютерного моделирования физических процессов и прикладных задач. Мн.: Пион, 1998.

УДК 531

В.С. Вихренко, профессор

МЕХАНИКА КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

The coincidence between the structure of mechanics as a university course and engineering activity is shown. This coincidence being accounted of allows one to cultivate engineering skills beginning from early student's years.

Подготовка специалистов во втузе с необходимостью включает как обучение по базовым фундаментальным и общеинженерным дисциплинам, так и специальную подготовку. Традиционно подготовке по общеинженерным и фундаментальным дисциплинам уделялось и уделяется особое внимание, поскольку, во-первых, эти дисциплины включают уже устоявшиеся и рафинированные временем знания, и в силу этого их содержание относительно стабильно в течение времени, сопоставимого с периодом деятельности специалиста и, во-вторых, наличие базовой подготовки позволяет творчески воспринимать материал специальных курсов, легко адаптироваться к особенностям производственного процесса на разных предприятиях, успевать за изменениями характера производственной деятельности вплоть до возможности переквалификации вследствие изменения конъюнктуры рынка или иных причин.

Быстрое развитие материального производства, вычислительной техники, а в последнее время и информационных технологий открывает новые возможности для организации учебного процесса и вместе с тем выдвигает дополнительные требования к его содержанию. Специалист с высшим образованием в настоящее время, помимо базовых и специальных знаний и умений, должен в стенах вуза приобрести навыки постоянного их возобновления. Именно это последнее требование и формирует стратегию современного образовательного процесса. Курсы механики играют в нем особую роль.

Анализируя содержание фундаментальных дисциплин, можно отметить, что математика обеспечивает будущих специалистов математическим аппаратом, без которого ни одна из последующих инженерных и тем более фундаментальных дисциплин не может быть усвоена. Ввиду обширности программного материала в процессе преподавания математики преподаватели способны познакомить студентов лишь с элементами абстрактного мышления. При изучении физики и химии студенты знакомятся с огромным разнообразием объектов, явлений и процессов. Возможности строгих доказа-