12. Профессиональная педагогика: Учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям / Под. ред. С. Я. Батышева. – М.: Ассоциация «Профессиональное образование», 1997. – 512 с.

13. Новиков А. М. Процесс и методы формирования трудовых умений: Профпедагогика. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с.

14. Федоров В. А., Колегова Е. Д. Инновационные технологии в управлении качеством образования / Под ред. Г. М. Романцева. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2002. – 176 с.

15. Шишов С. Е., Агапов И. Г. Компетентностный подход к образованию: прихоть или необходимость? // Стандарты и мониторинг в образовании. 2002. – № 2. – С. 58–62.

УДК 378.016:5
ББК 78.54+20

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ КАК ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

С. А. Паничев

Ключевые слова: математические структуры, высшее профессиональное образование, дидактические проблемы, естественно-научные дисциплины, учебные курсы, дедуктивный подход.

Резюме: Одной из важных дидактических проблем высшего профессионального образования является нахождение эффективных способов структурирования учебных дисциплин, которые обеспечивали бы гармоничное сочетание предметного материала с общенаучными принципами. В статье предложен дедуктивный подход к построению естественно-научных курсов на основе математических структурных моделей, проанализированы его возможности и преимущества, описан практический опыт применения в учебном процессе на химическом факультете ТюмГУ.

Один из творцов современного естествознания Г. Галилей утверждал: «Природа говорит на языке математики». Уже с тех пор понимание важной роли математических методов и стремление к максимально возможной математизации своего теоретического аппарата было присуще всем естественно-научным дисциплинам. Хотя приближение к этому идеалу в отдельных областях естествознания осуществлено в разной степени, к настоящему времени математическое моделирование занимает весьма заметное место во всех естественных науках.

Внедрение математического моделирования в арсенал естественных наук требует адекватного отражения этого метода и в содержании соответствующих учебных дисциплин. В этом вопросе, однако, имеется ряд серьезных проблем, которые требуют систематического дидактического анализа. Основная из них заключается в том, что отношение специалистов-естественников к математике не такое, как у самих математиков. Большинством специалистов-естественников математика используется преимущественно как *практический инструмент* (вычисления по формулам, статистическая обработка, численное моделирование и т. д.). Поэтому очень распространенной является точка зрения, согласно которой математическая модель – это просто математическое описание отдельно взятого конкретного объекта, процесса, явления. Так, Г. И. Рузавин отмечает, что «многие математики рассматривают математическую модель как уравнение или систему уравнений, в которой конкретные величины заменяются математическими понятиями, постоянными и переменными величинами, функциями» [5].

Сами математики, однако, уже давно отказались от рассмотрения отдельно взятых величин, функций, уравнений и интересуются только их полными совокупностями, включая все взаимосвязи между отдельными элементами таких совокупностей. Такие замкнутые и высоко упорядоченные совокупности называются *математическими структурами* (МС), конкретными примерами которых могут служить *группы*, *линейные пространства*, *топологические графы*, *поля* и др. Например, в *группе* множество элементов упорядочено посредством введения бинарной алгебраической операции (всяким двум элементам можно однозначно сопоставить еще один элемент того же множества, что символически выражается уравнением $\boldsymbol{a} * \boldsymbol{b} = \boldsymbol{c}$). Несмотря на кажущуюся элементарность определения, группы очень разнообразны и могут обладать весьма развитой внутренней структурой в виде *подгрупп*, *классов смежности*, *классов эквивалентности*, *генераторов*, *неприводимых представлений* и др. Эта внутренняя упорядоченность групп и других МС и позволяет использовать их в качестве абстрактных моделей высокого уровня. Такие модели обладают большой степенью общности и описывают не конкретный объект, а всю совокупность объектов данного вида, отражая одновременно и все взаимосвязи (определенного типа) между этими объектами. Именно системный характер МС является причиной той, по выражению нобелевского лауреата Е. Вигнера [1], «непостижимой эффективности математики в естественных науках», когда из весьма ограниченного эмпирического материала удается извлекать точные и универсальные законы. С помощью МС математика может дать естественным наукам незаменимые средства для логической организации разнообразной научной информации, адекватного выражения и логической обработки научных понятий и их взаимных отношений. Математические структуры являются наиболее эффективным средством для компактификации научной информации, ее глубокого осмысления и превращения этой информации в систематическое научное знание. Широкое внедрение математических структурных моделей является одним из наиболее перспективных путей развития теоретического аппарата и совершенствования научного языка. (Некоторые аспекты этой проблемы обсуждены в работе автора [2]).

Математические структуры в ходе изучения той или иной дисциплины вводятся, как правило, ретроспективно – как обобщение уже изученного и освоенного материала. Если же учебного времени не хватает (а его не хватает почти всегда), то такие структурные модели даже не формулируются в явном виде. Поэтому в обучении МС служат лишь для систематизации и обобщения учебного материала. Такой подход является отражением исторического процесса развития науки, в котором законченные МС появлялись уже на завершающей стадии исследования определенной области природных явлений. Например, развитие квантовой механики началось с обнаружения и экспериментального изучения ряда явлений, которые выпадали из области действия законов ньютоновской механики. Затем были созданы физические модели этих явлений, найдены описывающие их математические уравнения и способы определения (вычисления и экспериментального измерения) параметров этих уравнений. И только в самом конце было обнаружено, что совокупность состояний квантово-механических систем представляет собой математическую структуру – линейное пространство (векторное или функциональное). Это сразу позволило обнаружить многочисленные взаимосвязи между внешне далекими экспериментальными ситуациями, между различными классами проблем, эквивалентность разных формулировок квантовой механики – матричной (Гейзенберг), волновой (Шредингер), векторной (Дирак).

Аналогичная ситуация имеет место практически всегда. Однако легко представить себе, насколько быстрее шло бы развитие квантовой механики, если бы заранее было известно, что речь идет лишь о конкретизации модели линейного пространства, об установлении ее связи с наблюдаемыми характеристиками микроскопических систем. В этой связи можно подчеркнуть один исторический факт: принципиальный прорыв в развитии квантовой механики был сделан лишь после того, как Л. де Бройль обратил внимание сообщества физиков на оптико-механическую аналогию, смысл которой заключается в изоморфизме математических структур классической механики и лучевой оптики. Другими словами, де Бройль предложил использовать одну математическую структуру для конструирования другой, еще неизвестной, чисто логическим путем, а не на основании индуктивного обобщения огромного массива экспериментальных данных.

Это приводит к мысли о том, что в учебном процессе МС должны вводится не индуктивным, а дедуктивным способом. Явная формулировка МС в самом начале изучения конкретной учебной дисциплины позволяет использовать ее в качестве логического каркаса, вокруг которого структурируется весь учебный материал. Преимущества такого подхода достаточно очевидны.

1. МС как наиболее общие и совершенные математические конструкции могут служить моделями для самых общих, наддисциплинарных теоретических построений естествознания в целом. Тем самым достигается выход за пределы конкретных дисциплин и в максимально возможной степени реализуется интеграция теоретических уровней всех областей естествознания. В результате может быть

значительно увеличена степень системности и интегративности всех получаемых студентами знаний и вырабатываемой у них научной картины мира.

2. Изучение конкретного учебного материала на основе явно сформулированной МС позволяет получить правильную точку зрения на принципы научной деятельности. Особенно это касается соотношения между теоретической и экспериментальной деятельностью. Теоретические построения практически всегда осуществляются в рамках той или иной математической структурной модели. Эксперимент необходим для решения двух задач. Первая – определение (измерение) конкретных числовых значений для параметров модели, а вторая – верификация результатов, полученных теоретическим путем. Следует подчеркнуть, что такая верификация может быть надежно проведена только на глобальном уровне полной математической структурной модели.

3. Использование МС в качестве основы для структурирования учебного материала может играть и важную общеразвивающую роль. Изучение МС требует активного использования всех возможностей мышления – понимания объектов и взаимосвязей, абстрактного и конкретного, общего и частного, интуитивного «схватывания» и формального логического вывода. Особенно важно в дидактическом отношении то обстоятельство, что МС представляют собой наглядный пример логического «саморазворачивания», когда из всего лишь нескольких аксиом вырастает целостная структура, единственным оправданием которой является внутренняя непротиворечивость и гармоничность. Как подчеркивает Е. Вигнер, «новые понятия математик вводит так, чтобы над ними можно было производить хитроумные логические операции, которые импонируют нашему чувству прекрасного сами по себе и по получаемым с их помощью результатам, обладающим большой простотой и общностью» [1, С. 185].

4. Использование МС может дать надежную опору для решения важной проблемы отбора и структуризации учебного материала. При этом обеспечивается четкое отражение внутри- и междисциплинарных взаимосвязей, иерархичности понятий, способов деятельности.

Эффективность дедуктивного подхода с использованием МС была проверена автором данной статьи в ходе преподавания дисциплины «Квантовая механика и квантовая химия», которая входит в качестве обязательной в учебный план по специальности 011000 «Химия». Роль математического аппарата в этом курсе особенно велика. Его научной основой является квантовая механика, теоретический уровень которой охватывается практически полностью одной из математических структурных моделей – линейным пространством. Органическими элементами этой модели являются практически все основные понятия и принципы квантовой механики – векторы состояния и волновые функции, операторы и их спектры, принцип суперпозиции, коммутационные соотношения и принцип неопределенности, правила расчета амплитуд вероятности и т. д. Тем не менее в рекомендованной Советом по химии УМО университетов Примерной программе по данной дисциплине [4] модель линейного пространства как таковая даже не упоминается. Все перечисленные выше понятия и принципы рассматриваются изолированно, как совершенно самостоятельные и независимые друг от друга. Вполне естественно, что такой подход чрезвычайно затрудняет усвоение учебного материала студентами.

Для преодоления этого недостатка нами был разработан авторский вариант рабочей программы (ее полный текст можно найти на сайте ТюмГУ: *http://www.utmn.ru*). В соответствии с ней первая часть курса целиком посвящена детальному рассмотрению структуры линейных векторных и функциональных пространств. Программой также предусмотрен подробный анализ соответствия между математическими понятиями и их физическими референтами из классической и квантовой механики. Раздел, посвященный линейным пространствам, был также включен в программу курса высшей математики, который изучается параллельно с курсом «Квантовая механика и квантовая химия». Это позволяет студентам получить практические навыки решения математических задач и выполнения разнообразных вычислений по данной теме.

Предварительное детальное знакомство с математической моделью линейного пространства позволяет студентам без труда ориентироваться в собственно физических вопросах квантовой механики, таких, как формулировка и смысл квантово-механических задач; постановка эксперимента; обработка результатов измерений; теоретические вычисления, их интерпретация и оценка; область применимости квантово-механических методов; различия между классической и квантовой механикой и др.

Дисциплина «Квантовая механика и квантовая химия» играет особую роль во всей образовательной программе по специальности «Химия». Она служит идейной и понятийной основой практически всех дисциплин цикла ОПД, таких, как «Строение вещества», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физические методы исследования». Поэтому главный результат модернизации курса квантовой механики состоит в том, что студенты стали усваивать материал указанных дисциплин не формально, а с полным пониманием, что сопровождается повышением как успеваемости, так и активности студентов в аудиторной и самостоятельной работе. Например, полученные в ходе подготовки к государственной аккредитации результаты проверки остаточных знаний по курсу «Строение вещества» в 1998 г. составили 3,14 балла (доля оценок «4» и «5» – 33%), а в 2003 г. – 3,80 балла (доля оценок «4» и «5» – 75%).

Для обеспечения учебного процесса автором подготовлены и опубликованы два методических пособия, посвященные рассмотрению математической структурной модели линейного пространства и ее применению для построения физических моделей, используемых в квантовой механике и квантовой химии [3]. В настоящее время ведется работа по модернизации других курсов с целью внедрения в учебный материал таких математических структурных моделей, как *группы* («Строение вещества», «Кристаллохимия»), *пространство составов* («Общая химия», «Неорганическая химия», «Физическая химия»), *топологические графы* («Органическая химия»), *скалярные и векторные поля* («Химическая термодинамика», «Химическая кинетика»). Разработан и внедрен элективный обзорный курс «Математические структурные модели в химии».

Литература

1. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – С. 182–198.

2. Аничев С. А., Шигабаева Г. Н., Чупаева Н. В. Модель пространства состояний в химии // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева). – 2001. – Т. 45. – № 1. – С. 16–28.

3. Паничев С. А. Математические модели в курсах «Квантовая механика и квантовая химия» и «Строение вещества». – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2003. – 44 с; Физические модели в курсах «Квантовая механика и квантовая химия» и «Строение вещества». – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2003. – 48 с.

4. Программы дисциплин образовательной программы по специальности 011000 – Химия: Для гос. ун-тов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – С. 173–180.

5. Рузавин Г. И. Математизация научного знания. М., Мысль. 1984. С. 48.

УДК 37.01
ББК 74.58
Кор 66

АКМЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Н. Н. Коршунова

Ключевые слова: акмеологическая направленность профессиональной деятельности, акмеологическая позиция, акмеологическая среда, акмеологическое сопровождение, зрелость, творчество.

Резюме: В статье обобщены некоторые аспекты исследовательских материалов в области создания инновационных технологий профессионального обучения на основе акмеологического подхода. Определена сущность ведущих акмеологических понятий, составляющих основу технологии акмеологического сопровождения в профессиональной подготовке специалистов. Представлен опыт реализации технологии акмеологического сопровождения в профессиональном образовании специалистов на факультете технологии и предпринимательства Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена и в школах Санкт-Петербурга.

Актуальность акмеологического подхода к разработке технологий профессионального обучения продиктована тем, что студенты различных специальностей вузов, как технических, так и гуманитарных, недостаточно владеют основами психолого-педагогической культуры, не всегда способны оценить свои индивидные, личностные и индивидуальные качества и соотнести их с избранной профессиональной деятельностью.