

УДК 378.1

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТУДЕНТОВ-ХИМИКОВ**

© 2015 г.

Н.Р. Стронгина, А.В. Маркин

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

sn@unn.ru

Поступила в редакцию 18.04.2015

В рамках работы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского по реализации Концепции развития математического образования в РФ проведен анализ структуры математической подготовки студентов-химиков. Предложена новая практико-ориентированная образовательная технология – математический лабораторный практикум по химии. Он поэтапно поддерживает освоение математических и профильных дисциплин на основе специально отобранных практически значимых задач. Это обеспечивает повышение качества освоения фундаментальных дисциплин и погружение в проблематику профессии. Даны предложения по обновлению содержания дисциплин, критериям отбора задач и разработке учебно-методического обеспечения. Приведены примеры.

Ключевые слова: Концепция развития математического образования в РФ, высшая математика для химиков, практико-ориентированный подход, фундаментальное образование, лабораторный практикум, качество образования, компетенции.

Введение

Концепция развития математического образования в Российской Федерации, разработанная в соответствии с Указом Президента РФ № 599 от 07.05.2012 и утвержденная Распоряжением Правительства РФ № 2506-р от 24.12.2013, ставит целью обеспечение нового уровня математического образования, ускорение развития наук и технологий и достижение лидирующего положения в мировой науке, технологии и экономике [1]. Отмечая фундаментальную роль математики, Концепция указывает на необходимость развития *широкого спектра программ математической подготовки, учитывающих образовательные потребности различных категорий учащихся.*

В целях реализации Концепции в декабре 2014 года в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) была создана Комиссия для разработки проекта Программы совершенствования математического образования в ННГУ. **Цель данного исследования**, проведенного по поручению Комиссии, – подготовка предложений по вопросам совершенствования математического образования студентов-химиков. В изучении вопроса, кроме рабочей группы Комиссии, участвовали методическая комиссия химического факультета ННГУ, а также профессора и преподаватели химического и механико-математического факультетов. В соответствии с тенденциями развития российского университетского химиче-

ского образования (фундаментальность и качество [2]), математическая подготовка химиков рассматривается в данной работе комплексно, как результат освоения студентами и математических, и профильных дисциплин.

1. Предмет и результаты исследования

Предмет исследования – математическая подготовка студентов, обучающихся в ННГУ по специальности «Фундаментальная и прикладная химия» (далее – ФПХ) и по направлению «Химия» (далее – Химия) с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов 3-го поколения (ФГОС-3) и задач, поставленных «Стратегией развития Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского – Национального исследовательского университета – до 2020 года». Приоритетными для развития химической науки в ННГУ являются научные платформы «Науки о материалах» и «Молекулярно-биологические, физические, химические, биомедицинские и экологические основы живых систем» («Живые системы»).

Основной результат исследования – необходимость *поэтапного системного согласования преподавания отдельных вопросов математических дисциплин и дисциплин профессионального цикла* в целях достижения студентами качественно нового уровня владения математическим инструментарием, понятийным аппаратом и эффективного погружения в проблематику

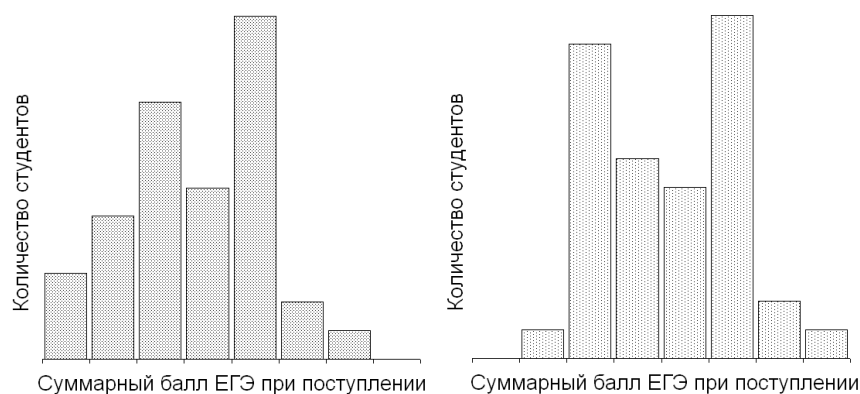


Рис. 1. Распределение студентов 1 курса по значению суммарного балла ЕГЭ при поступлении в вуз, специальность (слева) и направление (справа), 2014 г. Шаг шкалы – 20 баллов

ку профессии (практико-ориентированный подход [3]).

Термин *системное согласование* характеризует успешный опыт образовательных программ по специальности и направлению «Прикладная математика и информатика» на факультете ВМК Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и факультете ВМК ННГУ. Здесь при изучении ряда фундаментальных дисциплин рассматривается ряд общих модельных задач, и каждый раз студент исследует (решает) такую задачу методами изучаемой им дисциплины. Тогда, например, уравнение теплопроводности (как модельная задача) позволяет студентам освоить: 1) определения и свойства полных и частных производных; 2) методы построения моделей физических процессов; 3) анализ условий существования и единственности решений, их построение; 4) получение численных решений, анализ сходимости; 5) вопросы разработки программных средств; 6) возможности математических пакетов и библиотек; 7) способы оптимизации численных алгоритмов и т.д.

По итогам исследования в целях совершенствования математического образования химиков подготовлены предложения, реализующие практико-ориентированный подход:

- 1) формирование банка модельных задач;
- 2) обновление отдельных компонент (модулей) обязательного курса «Математика»;
- 3) разработка компонент (модулей) математического обеспечения дисциплин профессионального цикла, интенсивно использующих математический аппарат;
- 4) разработка математического лабораторного практикума по химии как инструмента повышения качества математического образования и погружения в проблематику профессии;

5) ускорение «информационной» составляющей математической подготовки, а именно изучение основ математического моделирования, численных методов и возможностей компьютеров, то есть современных методов прикладной математики, на младших курсах;

6) адаптация текущего контроля успеваемости, учебных проектов и лабораторных работ к неодинаковым образовательным потребностям обучающихся. Например, в ННГУ распределение первокурсников (химиков) по значению суммарного балла ЕГЭ является бимодальным (см. рис. 1), и такие различия значимо сказываются на показателях успеваемости в вузе. Как следствие, учебный процесс должен быть эффективен для двух равночисленных кластеров одновременно: для тех, кто поступает в вуз с типичным уровнем подготовки, и тех, кто имеет более высокие достижения.

Для реализации этих предложений нужна совместная (математики и химики) разработка учебно-методического обеспечения. Далее на его основе могут быть обновлены разделы дисциплин, лабораторные работы и учебные проекты, задания для самостоятельной работы и сформированы (если нужно) новые учебные дисциплины.

Обновления могут состоять в следующем.

В рамках курса «Математика» – расширить подготовку по линейной алгебре (с учетом современных компьютерных инструментов решения задач). В раздел «Теория вероятностей и математическая статистика» – включить вопросы обработки экспериментальных данных, регрессионного анализа и планирования эксперимента (на специализации «Аналитическая химия») читают соответствующие дисциплины по выбору).

Другие обновления могут состояться как в рамках курса «Математика», так и в рамках

профильных курсов. Например, при изучении кристаллохимии студентам нужны тензорное исчисление и свойства инвариантов преобразований, при изучении квантовой химии требуется теория групп и математические основы метода магнитных орбиталей – линейных комбинаций атомных орбиталей (МО–ЛКАО). При изучении химической кинетики и термодинамики требуется более глубокая подготовка в области дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, математической статистики (методы статистической, нелинейной неравновесной термодинамики нужны для междисциплинарного научного направления «Живые системы»). При проведении исследований в области органической химии может оказаться полезной теория графов [4–7].

Указанный выше математический инструментарий достаточно широко представлен в учебной литературе для математиков и в научной литературе по химии. Актуальным является *компактное включение* материала в систему подготовки химиков.

2. Формирование банка модельных задач

Последовательность дисциплин, в рамках которых может или должна рассматриваться та или иная модельная задача, назовем **цепочкой задачи**. Для отбора задач и определения цепочек был проведен анализ требований ФГОС-3 и анализ рабочих программ дисциплин [8–10].

В соответствии с ФГОС-3 от выпускников по специальности «Фундаментальная и прикладная химия» и бакалавров по направлению «Химия» требуются такие **общекультурные и профессиональные математические компетенции**, как:

– «способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук» (ФПХ, ПК-3);

– «...применение методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования» (ФПХ, ПК-4; Химия, ОК-6);

– «владение методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов» (ФПХ, ПК-15; Химия, ПК-8); а также ряд компетенций, связанных с необходимостью и умением работать на компьютере.

На их развитие нацелены обязательные курсы «Математика», «Информатика» и обязательный для специалитета курс «**Вычислительные методы в химии**». Фундаментальные разделы математики «Математический анализ»,

«Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», «Теория вероятностей и математическая статистика» являются для химиков обязательными.

На математический инструментарий опирается обязательный для химиков курс «**Физика**», а именно, разделы «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электродинамика и оптика», «Основы квантовой механики».

Математический аппарат интенсивно используется при изучении обязательных дисциплин профессионального цикла: «**Квантовая химия**», «**Физическая химия**», «**Химическая технология**» и др. В рамках вариативной части профессионального цикла студентам 12 специализаций и 11 профилей подготовки (ФПХ и Химия) читаются **более десятка дисциплин**, посвященных технологии и физико-химическому анализу специальных классов объектов (полупроводники, полимеры и др.). В этих курсах также используется либо математический вывод, либо результаты базовых дисциплин.

Соответственно требованиям ФГОС-3, результаты освоения перечисленных дисциплин взаимосвязаны: *освоение одной дисциплины создает основу (поддержку) для освоения другой*. Например, по итогам изучения **квантовой химии** студенты должны «понимать, как применяют аппарат квантовой механики в статистической термодинамике, молекулярной спектроскопии и других разделах современной химии» [8; 10]. По итогам изучения **физической химии** – понимать ее роль как «теоретического фундамента современной химии, владеть основами химической термодинамики, теории растворов и фазовых равновесий, элементами статистической термодинамики, знать основы химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии» [8; 10]. По итогам изучения дисциплин **естественнонаучного и математического цикла** – «владеть методами расчета свойств веществ по формулам статистической термодинамики и решения уравнений химической кинетики» [8; 10] и т.д.

Таким образом, если модельная задача ставится по физической химии, ее цепочка будет включать несколько дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров. **Формирование банка модельных задач определяется следующим**. Задача должна быть практически значима и доступна студентам одновременно с изучением курса «Математика», то есть в 1–3 семестрах. Поскольку в соответствии с рабочими планами изучение курса «Математика» предшествует изучению многих профильных

дисциплин, модельная задача должна быть снабжена *сквозным описанием, охватывающим все ее ключевые аспекты с учетом всей последующей цепочки профильных дисциплин.*

Такие же описания и, возможно, компьютерные программы (тренажеры) нужны для модельных задач по другим разделам химии, включая задачи для программ магистратуры.

3. Математический лабораторный практикум по химии

По способу организации работы и последующего внедрения результатов можно выделить два направления подготовки учебно-методического обеспечения:

1) разработка задач и примеров из сферы профессиональной деятельности химиков, раскрывающих смысл основных понятий и методов при изучении курса «Математика»;

2) разработка методического обеспечения, нацеленного на повышение качества освоения математической компоненты профильных дисциплин, включая решение задач.

Комплексное решение проблемы внедрения практико-ориентированных задач в учебный процесс может обеспечить **математический лабораторный практикум по химии (МЛП)**. В 1–3 семестрах он может поддерживать освоение курса «Математика», затем – освоение профильных дисциплин. Практикум может быть встроен в эти курсы или организован как самостоятельная дисциплина (аналог – «Практикум на ЭВМ» для прикладных математиков, поддерживающий поочередно от семестра к семестру изучение многих учебных дисциплин). По учебным целям и задачам МЛП есть аналог университетских лабораторных практикумов по химии, физике и др., но акцент здесь делается на *математической постановке задачи, корректном применении математических методов и содержательной интерпретации результатов.* Так как в 1–3 семестрах выполнение математического практикума опережает изучение многих профильных дисциплин, каждая задача, предлагаемая студентам в данный период, должна быть снабжена *специальным описанием* с указанием ее роли при изучении химии и подходе химиков к ее решению.

Этот вывод был получен при отборе задач: при рассмотрении 120 задач, взятых из научной и учебной литературы, для практикума были предварительно отобраны 25. *При отборе учитывались:* 1) прикладная или теоретическая значимость задачи; 2) актуальность технологий, их экономическая целесообразность; 3) соответствие тематики задач возможной последую-

щей специализации студентов на кафедрах; 4) профильный для химиков характер задачи, если задача иллюстрирует смысл фундаментальных математических понятий.

Как показал отбор, для классических методов есть современные приложения. Например, в электрохимии необходимы расчеты и оптимизация формы катода. При проведении глубокой очистки (получение высокочистых веществ) используются конечно-разностные методы расчета параметров ректификационной колонны. При решении задач медицинской диагностики (перенос частиц в свободных объемах макромолекул) потребуются вычисление свободных объемов и кратные интегралы.

Наряду с задачами практикум может включать *библиотеку примеров*, показывающих возможности математического моделирования. Студентам может быть рассказано о том, как с целью замены технологии получения полиуретанов из изоцианатов и диолов разрабатывалась экологически более привлекательная обратимая реакция получения полиуретанов из циклоуретанов путем раскрытия цикла [11]. По запросу разработчиков ученые ННГУ провели ее *термодинамический анализ*. Оказалось, что приращение энергии Гиббса является положительным ($\Delta_r G^0(T) > 0$) и, как следствие, равновесие реакции смещено в сторону исходных веществ. Так была установлена принципиальная невозможность раскрытия цикла, и в настоящее время для получения полиуретанов из циклоуретанов разработан многостадийный синтез.

Практикум по численным методам (как фундаментальному разделу высшей математики) и **практикум по базам профессиональных данных** (умение работать с ними предусмотрено требованиями ФГОС-3) на данном этапе могут рассматриваться как *часть математического лабораторного практикума по химии.* Современные программные средства для обучения методам решения задач могут быть выбраны по согласованию с факультетом (например, пакеты Maple, MathCad, Mathematica, MatLab и др.), а для освоения сути математического аппарата и развития интуиции студентам полезно показать некоторые старые приемы, например численное интегрирование по экспериментальным данным с помощью химических (точных) весов.

4. Примеры

Пример 1. Рассмотрим обратимую химическую реакцию $\sum_i \alpha_i A_i \leftrightarrow \sum_j \beta_j B_j$ при посто-

янных давлении p и температуре T' в отсутствие фазовых переходов. Вещества, указанные слева, называют исходными (A_i). Справа указаны продукты реакции (B_j). Величины α_i, β_j есть стехиометрические коэффициенты. Результат реакции, то есть смещение ее равновесия в сторону продуктов или исходных веществ, при заданных p, T' определяется приращением энергии Гиббса $\Delta_r G^P(T')$. В случае если $\Delta_r G^P(T') < 0$, равновесие смещено в сторону продуктов, а при $\Delta_r G^P(T') > 0$ – в сторону исходных веществ. Если термодинамические свойства реагентов известны, результат реакции, определяемый значением $\Delta_r G^P(T')$, может быть указан без проведения эксперимента.

Покажем, какие математические методы нужны для понимания расчетов $\Delta_r G^P(T')$.

Для расчета $\Delta_r G^P(T')$ используют уравнение Гиббса–Гельмгольца $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ и уравнения Кирхгофа, вытекающие из дифференциальных уравнений $C_p(T) = dH/dT$ и $C_p(T) = (TdS/dT)_p$. Здесь G – энергия Гиббса, H – энтальпия, S – энтропия, $C_p(T)$ – изобарная мольная теплоемкость вещества, T – температура. Обозначение Δ_r указывает на сопоставление двух гипотетических состояний системы («только продукты» – «только исходные вещества») и одновременно является оператором вычисления взвешенной суммы. Весами являются β_j со знаком «плюс» и α_i со знаком «минус».

Тогда $\Delta_r G^P(T') = \Delta_r H^P(T') - T\Delta_r S^P(T')$, где энтальпия реакции $\Delta_r H^P(T')$ и энтропия реакции $\Delta_r S^P(T')$ при температуре T' вычисляются по энтальпии и энтропии при температуре 298.15 К, принимаемой за стандарт. Для этого к значениям $\Delta_r H^P(298.15)$ и $\Delta_r S^P(298.15)$ прибавляют интегралы по dT и $d \ln T$ соответственно от взвешенной суммы изобарных теплоемкостей реагентов. Интегрируют от 298.15 К до исследуемой T' .

Величину $\Delta_r S^P(298.15)$ определяют как взвешенную сумму энтропий реагентов при 298.15 К. Величину $\Delta_r H^P(298.15)$ – как взвешенную сумму энтальпий образования реагентов: иногда их можно получить по результатам сжигания образцов при 298.15 К в термостате

по специальной технологии (сжигание при комнатной температуре). Для многих известных реагентов их теплоемкости, абсолютные энтропии и энтальпии образования известны. Для новых реагентов термодинамический анализ проводят экспериментально. В итоге по значению и знаку $\Delta_r G^P(T')$ узнают результат реакции.

Пример 2. Основным показателем базы данных по термодинамике является мольная изобарная теплоемкость $C_p^0(T)$, зависящая от температуры и измеренная для достаточно чистых образцов вещества при стандартном давлении $p = 1$ атм. В диапазоне 5–350 К значения $C_p^0(T)$ получают методом высокоточной адиабатической калориметрии, а в диапазоне от 300 до 650 К – методом дифференциальной сканирующей калориметрии. В любом случае задаются начальная и конечная температуры нагрева образца и шаг нагрева dT . Прибор вычисляет отношение количества тепла δQ , затраченного при нагреве образца в термостате от температуры T до $T + dT$, к приращению температуры образца dT , что должно соответствовать изобарной теплоемкости: $C_p^0(T) = \delta Q/dT$.

Поскольку при температурах фазового (физического) перехода тепло δQ будет затрачено не только на нагрев, но и на переход, а также в силу погрешности измерения δQ , погрешности реализации шага dT и в силу невозможности достижения температур 0–4 К значения $C_p^0(T)$ проходят обработку: 1) определение диапазона температур физического перехода и температуры перехода; 2) полиномиальное сглаживание на участках фаз методом наименьших квадратов; 3) экстраполяция с участка фазы на участок фазового перехода слева и справа с разрывом 1-го рода при температуре перехода; 4) экстраполяция в интервал сверхнизких температур на основе моделей квантовой теории теплоемкости.

Затем по уравнениям Кирхгофа интегрированием $C_p^0(T)$ по температуре от 0 до T с учетом энтальпии физических переходов вычисляют энтропию, энтальпию и энергию Гиббса для нагрева 1 моля вещества. Полагая $S^0(0) = 0$, получают абсолютную энтропию $S^0(T)$. Значения $S^0(T)$ и $C_p^0(T)$ нужны при решении примера 1.

Пример 3. Задача экстраполяции значений теплоемкости в область недостижимо низких

температур каждый раз возникает заново при изучении термодинамических свойств новых материалов, еще не включенных в базы данных. Для ее решения используют квантовую теорию теплоемкости, в основе которой – подход, предложенный А. Эйнштейном. Одноатомное твердое тело рассматривается как набор осцилляторов с 3-мя степенями свободы и одинаковой частотой. Энергия 1 моля вещества определяется суммированием энергий колебаний по формуле Планка. Изохорную мольную теплоемкость вещества определяют как частную производную внутренней энергии по температуре: $C_V(T) = (\partial U / \partial T)_p$. Этот подход был развит в модели П. Дебая: одноатомное твердое тело рассматривается как набор осцилляторов с 3-мя степенями свободы и «непрерывным» спектром частот (максимальную частоту колебаний и распределение колебаний по частоте считают известными). Тогда при определении внутренней энергии 1 моля вещества суммирование энергий описывается интегрированием по спектру частот. Изохорную мольную теплоемкость определяют аналогично: $C_V(T) = (\partial U / \partial T)_p$.

Как показывает изучение работы [12], студенты могут вывести $C_V(T)$ и при $T \rightarrow 0$ получить $C_V(0) = 0$, что эквивалентно формулировке третьего начала термодинамики и подтверждает адекватность моделей. С помощью рядов, предельных переходов и замены собственного интеграла на несобственный зависимость $C_V(T)$ упрощается и в том числе выводится закон Дебая, устанавливающий кубическую зависимость теплоемкости от температуры вблизи абсолютного нуля: $C_V(T) = AT^3$.

С середины XX века в связи с задачами термодинамического анализа новых классов объектов (полимеров) используется модель В.В. Тарасова, опирающаяся на другие предположения о числе степеней свободы осцилляторов и распределении колебаний по частоте [13]. В рамках этой модели для цепных и плоских твердых структур получают линейные и квадратичные зависимости теплоемкости от температуры вблизи абсолютного нуля. Последующее развитие приборной базы высокоточной адиабатической калориметрии и физико-химических методов анализа волновых распределений (ансамблей осцилляторов) способствовало как масштабным экспериментальным исследованиям, так и созданию на основе квантовой теории теплоемкости новых моделей (например, фрактальная модель теплоем-

кости [13]). Вместе с тем в зависимости от типа исследуемых объектов классические подходы Дебая и Эйнштейна, а также их суперпозиции активно используются и в настоящее время [14].

Так как при низких температурах 0–20 К изохорная теплоемкость совпадает с изобарной, указанные выше функциональные зависимости $C_V(T)$ можно использовать при решении примера 2 для экстраполяции $C_p^0(T)$ в область абсолютного нуля.

Приведенные выше примеры показывают тематику заданий математического практикума для одной и той же модельной задачи – «Анализ теплоемкости и приложения». В числе заданий – расчет энергии Гиббса, обработка рядов теплоемкости, расчет термодинамических свойств вещества, анализ квантовых моделей теплоемкости. При выполнении заданий практикума осваиваются вопросы *дифференциального и интегрального исчисления, решение дифференциальных уравнений, применение свойств бесконечно малых величин, пределов и рядов, понятия о плотности вероятности, численные методы*, а также работа с базой данных и навыки работы на ЭВМ. Необходимые теоретические представления о модельной задаче формирует дисциплина «Физическая химия».

Заключение

В рамках работы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского по реализации Концепции развития математического образования в РФ проведен анализ структуры математической подготовки студентов-химиков и сформирован комплекс предложений, реализующих практико-ориентированный подход.

Ядром указанных предложений является новая практико-ориентированная образовательная технология – *математический лабораторный практикум по химии*. Он поэтапно поддерживает освоение математических и профильных дисциплин на основе специально отобранных практически значимых задач.

Практикум способствует *эффективному освоению профессии и повышению качества изучения фундаментальных математических и профильных дисциплин*.

Модельные задачи практикума могут быть также использованы в системе подготовки студентов-математиков, а предложенный в работе подход – при подготовке предложений по совершенствованию математического образования студентов других естественнонаучных специальностей.

Список литературы

1. Концепция развития математического образования в Российской Федерации (утв. Распоряжением Правительства РФ от 24.12.2013 г. № 2506-р) // Официальный интернет-портал правовой информации. 27.12.2013. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения 01.12.2014).
2. Современные тенденции развития химического образования: фундаментальность и качество / Под общ. ред. академика РАН В.В. Лунина. М.: Изд-во МГУ, 2009. 158 с.
3. Бурянина Н.С., Лысенков И.С., Лесных Е.В., Пшенников А.А. Образовательный процесс Федерального университета как платформа для внедрения инновационных практико-ориентированных технологий обучения. // Инженерное образование. 2013. № 13. С. 73–77.
4. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 366 с.
5. Кинг Р. Химические приложения топологии и теории графов. М.: Мир, 1987. 560 с.
6. Еремин В.В. Математика в химии. М.: МЦНМО, 2011. 64 с.
7. Ибрагимов Н.Х. О преподавании курса «Дифференциальные уравнения и математическое моделирование» с введением элементов группового анализа // Математика в высшем образовании. 2013. № 11. С. 11–20.
8. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19 мая 2010 г. № 531 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 Химия (квалификация (степень) «бакалавр»)» // Федеральный портал «Российское образование». – URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm531-1.pdf (дата обращения 15.01.2014).
9. Приказ Министерства образования и науки РФ от 20 мая 2010 г. № 547 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 Химия (квалификация (степень) «магистр»)» // Федеральный портал «Российское образование». – URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm547-1.pdf (дата обращения 15.01.2014).
10. Приказ Министерства образования и науки РФ от 24 декабря 2010 г. № 2061 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 020201 Фундаментальная и прикладная химия (квалификация (степень) «специалист»)» // Федеральный портал «Российское образование». – URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm2061-1.pdf (дата обращения 15.01.2014).
11. Лебедев Б.В., Веридусова В.В. Термодинамика полимеризации циклоуретанов с раскрытием цикла // Доклады академии наук. 2001. Т. 379. № 2. С. 205–208.
12. Рабинович В.Б., Нистратов В.П., Тельной В.И., Шейман М.С. Термодинамика металлоорганических соединений: Монография. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1996. 297 с.
13. Lazarev V.B., Izotov A.D., Gavrichev K.S., Shebershneva O.V. Fractal Model of Heat Capacity for Substances with Diamond-Like Structures // *Thermochim. Acta*. 1995. Vol. 269/270. P. 109–116.
14. Smirnova N.N., Letyanina I.A., Larina V.N., Markin A.V., Sharutin V.V., Senchurin V.S. Thermodynamic properties of pentaphenylantimony Ph_5Sb over the range from $T \rightarrow 0$ to 400 K // *J. Chem. Thermodynamics*. 2009. Vol. 41. P. 46–50.

MATHEMATICAL TRAINING IMPROVEMENT FOR CHEMISTRY STUDENTS

N.R. Strongina, A.V. Markin

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod

Some proposals to improve the structure of mathematical training for chemistry students at the Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod are described. Our analysis of this structure was carried out in the course of the work to implement the State Concept of Developing Russian Mathematical Education. A new practice-oriented educational technology (mathematical laboratory practicum for chemists) is suggested. The practicum supports step by step mastering of mathematical and professional competences by solving some specially selected problems of practical significance. This contributes to improving the understanding of mathematical tools and ensures immersion into future professional activity. Some examples of practicum problems are provided.

Keywords: State Concept of Developing Russian Mathematical Education, higher mathematics for chemists, practice-oriented approach, fundamental education, laboratory practicum, quality of education, competences.