

## МАТЕМАТИКА В УНИВЕРСИТЕТСКОМ КУРСЕ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**Белевцова Е.А., Рыжова О.Н., Демидова Е.Д., Карпова Е.В.**

*Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Каждый год на первый курс химического факультета МГУ приходят порядка двухсот сорока выпускников школ, стремящихся получить фундаментальное химическое образование. Однако недостаточное владение основами математики, пробелы, имеющиеся в школьной математической базе, не позволяют студентам успешно осваивать программу [1, 2]. Для примера приведем перечень дисциплин, которые изучаются первокурсникам химического факультета в первом семестре. Их шесть: неорганическая химия, математический анализ, аналитическая геометрия, история Отечества, английский язык, программирование и ЭВМ. Как видно, на одну химическую дисциплину приходится две гуманитарных и три математических. Всего при шестилетнем обучении на химическом факультете студентам предстоит освоить семь обязательных дисциплин математического цикла, без которых невозможно успешное изучение таких разделов, как физическая химия, основы квантовой механики, строение молекул и многих специализированных курсов. То же самое относится и к последующей научной работе выпускников факультета во многих отраслях современной химии, непосредственно связанных с применением постоянно развивающихся методов вычислительной математики. Однако мы видим проблему не только в освоении и последующем успешном применении нашими студентами приемов высшей математики.

Для первокурсников химического факультета МГУ фундаментальное освоение химических дисциплин начинается с годового курса неорганической химии. При этом на первых порах учебные достижения студентов по этой дисциплине в значительной степени определяются не только их школьной химической базой, но и математической подготовкой [3]. Проиллюстрируем это утверждение результатами сдачи первой экзаменационной (зимней) сессии студентами первого курса. Первая сессия – очень важный рубеж, показывающий, насколько удачно вчерашний школьник, а ныне уже студент адаптировался к новой форме учебной деятельности и готов ли он к получению университетского образования [4, 5].

В первую сессию наши студенты сдают всего лишь два, но очень серьезных экзамена: по неорганической химии и математическому анализу. Мы проследили за тем, как от года к году меняются средние баллы курса по этим двум дисциплинам (Рис. 1). Можно наблюдать общую тенденцию к снижению показателей по обеим дисциплинам, при этом создается впечатление, что успеваемость по химии «привязана» к успеваемости по математике – они изменяются практически симбатно. Возникает вопрос, чем это обусловлено: тем ли, что недостаточное освоение элементов высшей математики не позволяет студентам справляться с материалом курса неорганической химии? Или, возможно, содержательно эти дисциплины не связаны друг с другом настолько, чтобы успеваемость по одной из них влияла на успеваемость по другой, в таком случае Рис. 1 просто отражает изменение во времени общего «качества» первого курса, способности и готовности студентов к обучению в университете.

Для ответа на поставленный вопрос мы решили выяснить, какие именно математические навыки необходимы вчерашнему выпускнику средней школы для того, чтобы успешно освоить университетский курс неорганической химии. С этой целью были проанализированы задачи по курсу неорганической химии, которые предлагаются студентам на семинарах, коллоквиумах, контрольных работах и письменных экзаменах на протяжении первого года обучения [6, 7].

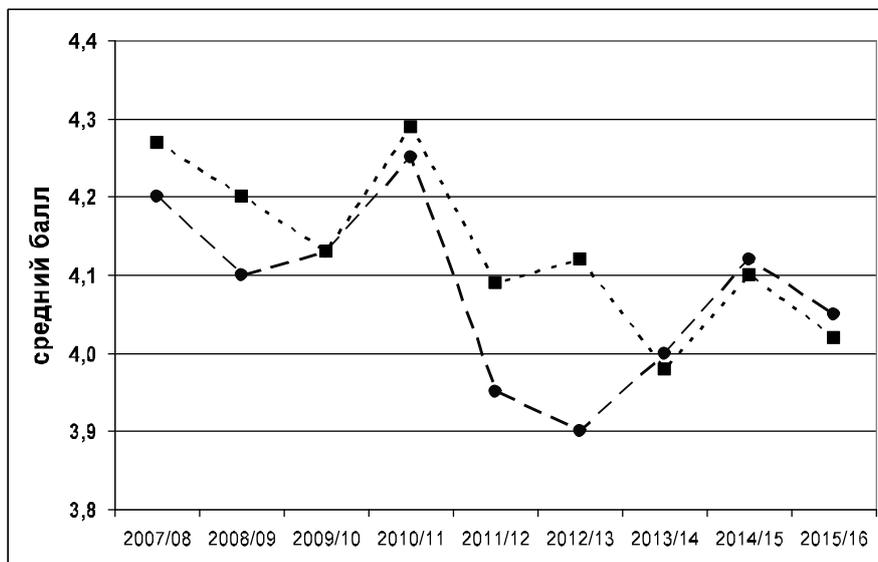


Рис. 1. Динамика изменения средних баллов за экзамены по неорганической химии (-●-) и по математическому анализу (-■-) в первой сессии на химическом факультете МГУ в течение девяти учебных лет (порядка 230 студентов ежегодно).

Выяснилось, что ни одно семинарское занятие, коллоквиум или контрольная работа не обходится без применения студентами приемов элементарной математики, а именно арифметических расчетов по формулам, составления и решения пропорций, линейных и квадратных уравнений и т.п. Очень часто используется логарифмирование (и обратная ему операция – потенцирование) при решении задач, связанных с вычислением рН или же с расчетом равновесной концентрации ионов  $H^+$  по заданной величине рН, с температурной зависимостью скорости химической реакции, определяемой уравнением Аррениуса, а также с уравнением Нернста (зависимостью электродного потенциала от концентрации и температуры). Приведем пример подобной задачи [6, с.24]: «Постройте график зависимости окислительно-восстановительного потенциала кислорода от рН среды, рассчитав значения  $E$  при рН = 7 и рН = 14 с учетом следующих данных:



Мы ранее отмечали большую долю задач с геометрическим содержанием в программе курса неорганической химии [2]. Практически все подобные задачи посвящены теме «Пространственная конфигурация молекул и ионов. Теория Гиллеспи». Одна из них представлена в [6, с.26]: «Приведите несколько примеров четырехатомной молекулы или иона со следующими пространственными конфигурациями: 1) треугольной (угол между связями  $120^\circ$ ); 2) тетраэдрической ( $109^\circ$ ); 3) T-образной. Опишите строение этих частиц с помощью теории отталкивания электронных пар (модель Гиллеспи)».

Для того, чтобы решать задачи по неорганической химии, студенты должны уметь интегрировать, однако подынтегральными выражениями в таких задачах являются простейшие полиномы. Это задачи на закон Кирхгофа и на расчет энтропии, например: «Определите изменение энтропии 1 моль  $\text{NaCl}$  при нагревании от  $20$  до  $850^\circ\text{C}$ . Теплоемкости ( $\text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) твердого и жидкого  $\text{NaCl}$  составляют  $C_p(\text{NaCl}(тв)) = 45.94 + 16.32\cdot 10^{-3}\cdot T$ ,  $C_p(\text{NaCl}(ж)) = 66.53$ ;  $T_{пл}(\text{NaCl}) = 800^\circ\text{C}$ ;  $\Delta H_{пл}(\text{NaCl}) = 31.0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ » [6, с.8].

Если рассмотреть математическое содержание заданий университетского практикума по неорганической химии [8], то в качестве основного умения здесь можно назвать составление и решение пропорций (при расчете навесок или выходов реакций). Однако при выполнении практических работ при освоении темы «Скорость химической реакции», когда студенты проводят опыт по изучению влияния концентрации реагирующих веществ на скорость реакции на примере взаимодействия тиосульфата натрия с серной кислотой, для определения порядка реакции они пользуются логарифмическими координатами. Изучая влияние температуры реакционной смеси на скорость реакции, студенты используют логарифмическую форму уравнения Аррениуса для определения энергии активации.

Результаты выполненного нами анализа показывают, что университетский курс неорганической химии требует владения

математическими навыками на уровне школьной программы, но владения уверенного. Для студента элементарная математика должна быть привычным и хорошо отработанным в школе инструментом, насыщенная программа первого курса не позволяет выделять время на адаптационные курсы ни по элементарной математике, ни по другим базовым дисциплинам, например, по физике. Сейчас преподаватели неорганической химии, работающие с первокурсниками, вынуждены включать в семинарские занятия разделы математики и физики, без которых обучение оказывается малоэффективным [4]. Следует отметить, что программа курса неорганической химии предполагает именно в начале года освоение наиболее насыщенных математикой тем, а именно химической термодинамики и кинетики. В полном объеме эти темы изучаются на четвертом году обучения в курсе физической химии, однако без усвоения начальных понятий невозможно понимание закономерностей протекания реакций.

Преподаватели неорганической химии (и не только в МГУ [9, 10]) отмечают, что наблюдается понижение уровня математической подготовки студентов. Часть студентов плохо справляются с вычислениями, им приходится объяснять правила округления. Проблемой для первокурсников оказывается необходимость работать с данными, представленными в графическом виде.

Поскольку повлиять на уровень математической подготовки выпускников школ мы не можем, нужно больше учитывать их подготовленность при приеме на химический факультет. Однако математика проверяется только на уровне ЕГЭ. Поэтому мы считаем исключительно полезным в этой ситуации контролировать математическое содержание заданий письменного вступительного испытания по химии (внутреннего экзамена) и университетских химических олимпиад, насыщая их именно теми элементами математики, которые сейчас являются «проблемными» на первом курсе и слабое владение которыми мешает студентам успешно осваивать неорганическую химию на фундаментальном уровне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Качество подготовки абитуриентов и фундаментальность высшего образования. // Естественнонаучное образование: взаимодействие средней и высшей школы / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012, с. 145-156.

2. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Белевцова Е.А. Математика на вступительных экзаменах и олимпиадах по химии. // Естественнонаучное образование: вызовы и перспективы / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013, с. 141-151.

3. Белевцова Е.А., Демидова Е.Д., Рыжова О.Н. Математическая подготовленность абитуриентов химического факультета МГУ и успешность их обучения в университете // Инновации в преподавании химии. – Казань: Казан. ун-т, 2014, с. 34-38.

4. Григорьев А.Н., Демидова Е.Д. Первый курс – важнейший этап адаптации студента // Естественнонаучное образование: взаимодействие средней и высшей школы / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012, с. 220-226.

5. Демидова Е.Д., Григорьев А.Н. Школьная подготовка абитуриентов и итоги первого года обучения // Естественнонаучное образование: время перемен / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013, с. 86-93.

6. Ардашникова Е.И., Мазо Г.Н., Тамм М.Е. Вопросы и задачи к курсу неорганической химии. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 2000.

7. Карпова Е.В., Ардашникова Е.И., Мазо Г.Н., Розова М.Г., Шевельков А.В. Вопросы и задачи к курсу неорганической химии. Планы семинарских занятий. Варианты экзаменационных заданий. – М.: Химический ф-т МГУ. Ч. I – 2015, Ч. II – 2016. (Учебно-методическое пособие для студентов I курса химического факультета).

8. Демидова Е.Д., Алешин В.А., Ардашникова Е.А. Практикум по неорганической химии / Под ред. А.В. Шевелькова. – М.: Химический ф-т МГУ, 2015.

9. Горовых О.Г. Проблемы, возникающие при освоении понятия «Водородный показатель – рН» // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции по химии и химическому образованию. – Брест: БрГУ им. А.С. Пушкина, 2015, с.139-141.

10. Ашкинази Л.А., Гришкина М.П., Чернацкий С.Г. ЕГЭ по математике, физике и информатике: откуда взялись и куда ведут // Естественнонаучное образование: взаимодействие средней и высшей школы / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012, с. 175-183.