

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ КУРСА ХИМИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НЕХИМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ (отделение геофизики геологического факультета МГУ)

Батаева Е. В.

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

Традиционно сложилась определенная структура курса химии для студентов нехимических специальностей. Варьируется, в основном, объем рассматриваемого материала. Однако в последнее десятилетие происходят существенные изменения в среднем образовании, и это не может не сказаться на знаниях и умениях студентов, поступающих в МГУ.

Можно выделить несколько проблем, с которыми сталкивается преподаватель, привыкший к определенному уровню знаний и умений студентов первого курса.

- Очень низкий уровень знаний у большей части студентов. Уровень знаний первокурсников начал понижаться довольно давно, но в последние два-три года количественные изменения перешли в качественные – доля студентов, не знающих основных понятий химии, увеличилась критически.
- Разный набор знаний и умений, которыми владеют студенты, как следствие – сложно выделить опорные понятия и умения, которые есть у всех (или большинства) студентов.

- Малая заинтересованность предметом, так как он непрофильный и положительных воспоминаний из школы о химии мало (или совсем нет).
- Малое время, отводимое на курс (72 академических часа).

Тем не менее, курс общей и неорганической химии – фундаментальная дисциплина, необходимая студенту для понимания следующих курсов (например, геологии, минералогии). Некоторые фрагменты курса нужны впоследствии на специальных курсах, геологической практике и т. п. Необходимая основа для построения системы химических знаний – общая химия. Методические основы преподавания этого курса проработаны достаточно хорошо. Основа нашего курса – общая химия, построенная на основании двух систем понятий – о веществе и о химической реакции. Курс неорганической химии существенно переработан – в его основу легло не рассмотрение групп элементов, а обсуждение некоторых «идей», и фактология химии элементов рассматривается как их иллюстрация.

Рассматриваемый курс состоит из пяти блоков, блоки 1-4 включают по две лекции и два семинара, а блок 5 (Химия элементов) – три лекции и два семинара. Ниже мы рассмотрим структуру и содержание курса подробнее, обращая внимание на особенности построения данного курса и отбор материала. Те фрагменты структуры, которые близки к традиционным, не будут обсуждаться в данной статье. Полная программа курса размещена на сайте химического факультета МГУ [1].

Блок 1 – вводный

Студенты, обучающиеся на нехимических специальностях, при поступлении на которые нет необходимости предъявлять результаты ЕГЭ по химии, как правило, последние два года обучения в школе изучают химию на базовом уровне, или не изучают вообще. Таким образом, как показывают результаты ежегодного вводного тестирования, уровень как фактологических знаний, так и умений студентов первого курса довольно низкий.

Однако есть разделы курса химии, в которых разброс уровня знаний студентов достаточно велик. Это область начальных знаний и понятий химии – «классы неорганических веществ, генетическая связь классов соединений». Это обусловлено, на наш взгляд, именно тем, что студенты часто не изучали химию в X и XI классах и, в случае отсутствия прочной базы средней школы (VIII-IX классы), от базовых знаний остается очень мало. Тем не менее, есть достаточное число студентов, у которых есть некоторый объем базовых знаний. И именно во время вводного блока (4 занятия) особенно полезным оказывается разделение студентов на группы, соответствующие стартовому уровню знаний химии. Это дает возможность преподавателям проводить семинары, учитывая реальный уровень знаний студентов, а студентам – сосредоточиться на тех базовых понятиях, которые у них сформированы хуже.

Серьезная часть вводного блока посвящена современному представлению об электронном строении атома, понятию химической связи, Периодическому закону и связи свойств простых веществ и соединений элемента с его положением в Периодической системе. Основная цель этого – показать связь строения вещества и его свойств, чтобы в дальнейшем именно это было основой рассмотрения свойств соединений и закономерностей их изменения.

Еще одна цель, которую мы имели в виду при отборе материала – формирование (поддержание) мотивации к изучению данного курса. Поэтому тема «Стехиометрические законы. Области и примеры их применения» рассматривается с привлечением максимально общенаучных примеров или примеров из будущих геологических курсов. Так, например, после рассмотрения понятий «бертоллиды и дальтонида» обсуждается понятие изоморфного ряда на примере оливина $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$, обсуждается строение силикатов и приводится пример – состав минерала роговая обманка $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe})[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Рассмотрение строения силикатов – логичное продолжение обсуждения типов кристалл-

лических решеток и, соответственно, связи свойств вещества и его строения.

К строению силикатов (и алюмосиликатов) мы возвращаемся в курсе еще раз – в блоке «Химия элементов», на последней лекции курса. И там, используя полученные в ходе курса знания, не только еще раз, но более подробно, рассматриваем строение силикатов, но и выходим на разговор о минералах и промышленных продуктах на основе силикатов – стекле и цементе.

После вводного блока идут три блока собственно общей химии, закладывающих основу рассмотрения любых химических явлений: «Термодинамика и кинетика», «Растворы», «Окислительно-восстановительные реакции».

Традиционно курс общей химии начинается именно с рассмотрения закономерностей протекания химических реакций – термодинамики и кинетики. Однако, за последние годы (вводное тестирование на потоке «Геофизика» проводится более десяти лет) существенно снизился общий уровень знаний студентов (это отражается как понижением среднего балла, так и увеличением группы студентов, выполнивших тест на 25% и менее). Исходя из этого, был изменен порядок изучения блоков общей химии – сначала изучаются блоки «Растворы» и «Окислительно-восстановительные реакции», а потом – блок «Термодинамика и кинетика». При изучении закономерностей протекания химических реакций студенты должны понимать, что такое реакция, знать некоторые примеры химических реакций, а для этого необходим набор некоторых эмпирических и теоретических знаний, который и создается (обновляется) в ходе изучения равновесий в растворах, равновесий осадок–раствор и окислительно-восстановительных реакций.

С одной стороны, такой порядок изучения материала дает возможность сначала ознакомить студентов (повторить – для более знающих) с той частью общей химии, на которой в большей мере и основывается изучение термодинамики и кинетики. С другой стороны – необходимо фактически дважды рассматривать материал: первый раз – на ознако-

мительном уровне, параллельно обновляя или создавая эмпирические знания, второй раз – с точки зрения термодинамики и кинетики.

Такой порядок изложения (рассмотрения) материала был осуществлен на потоке «Геофизика» геологического факультета МГУ в 2013/2014 учебном году, и пока рано говорить о результатах, но нам этот подход кажется более перспективным, чем традиционный прежде всего, в силу понижения уровня знаний студентов первого курса.

Блок 2 – Термодинамика и кинетика

Содержание этого блока типично для курса общей химии, особенностью является то, что студентам в дальнейшем еще раз будут читать раздел «Термодинамика». Поэтому мы стараемся, максимально сократив объем, не упрощать понятия, чтобы в дальнейшем не возникал конфликт имеющихся и получаемых знаний. То, что термодинамика в нашем курсе рассматривается после разделов «Растворы» и «Окислительно-восстановительные реакции», дает возможность в этой теме говорить о расчёте термодинамических параметров для различных реакций (студенты уже знакомы с тем, что такое химические процессы и какими они могут быть). Логичное завершение раздела – «Изменение энергии Гиббса как критерий возможности самопроизвольного протекания процесса», в дальнейшем мы стараемся возвращаться к термодинамической оценке возможности процесса.

Как уже говорилось выше, при таком построении курса некоторые понятия приходится рассматривать дважды. Понятие равновесия – одно из них. Нам необходимо понятие константы при рассмотрении равновесий в растворе, поэтому оно напоминает (в объеме средней школы), в разделе «Термодинамика» фактически проводится обобщение ранее рассматриваемых частных случаев и рассматривается связь константы с энергией Гиббса.

Блок 3 – Растворы

«Свойства растворов неэлектролитов (коллигативные). Причины зависимости температуры кипения и температуры замерзания раствора

от концентрации растворенного вещества. Изотонический коэффициент. Осмос, движущая сила осмоса». Этот материал нужен для дальнейшего перехода к теории электролитической диссоциации. Традиционно студентам первого курса не рассказывают, какие экспериментальные факты, кроме электропроводности растворов, могут служить доказательством теории электролитической диссоциации, хотя с исторической точки зрения этот материал достаточно важен и дает возможность хотя бы немного коснуться построения и развития теорий химии. К движущей силе осмоса мы возвращаемся после термодинамики, как к иллюстрации оценки величины свободной энергии процесса.

По сравнению с привычным курсом для нехимических специальностей раздел «Ионная сила. Активность, коэффициент активности» расширен, есть не только задачи, но и опыт в лабораторной работе, требующий расчёта ионной силы для объяснения величины полученного рН. Это обусловлено тем, что на геологических практиках в дальнейшем студенту придется работать с приборами, для понимания принципа действия которых необходимо владеть понятием «ионная сила».

Блок 4 – Окислительно-восстановительные реакции

Материал этого блока достаточно традиционен, основное внимание уделяется потенциалу в системе металл/ион металла, рассматриваются гальванические элементы и электролитическая ячейка. Завершение темы – обсуждение темы «Коррозия, причины и защита от нее». В дальнейшем мы возвращаемся к обсуждению восстановления одного металла другим и электролитической ячейки в теме «Металлы. Получение металлов» при обсуждении примеров гидрометаллургии и электрометаллургии.

Блок 5 – Химия элементов

Основная особенность построения раздела химии элементов – рассмотрение не по группам элементов, а ориентируясь на основные

идеи курса. Весь блок «Химия элементов» в 2013/2014 учебном году состоял из трех лекций и двух семинаров. Поэтому стояла задача выделения материала, оптимально соответствующего иллюстрации основных идей курса.

Выделить идеи оказалось довольно сложно. В курсе лекций, прочитанном в декабре 2013 года, были в большей мере задействованы следующие идеи:

- связь строение – свойства, а именно обусловленность свойств строением вещества;
- изменение свойств атомов приводит к изменению физических свойств и химических свойств;
- неидеальность природной системы;
- применение общих принципов рассмотрения равновесия к конкретному процессу.

В первой лекции существенное внимание было уделено идее связи строения и свойств веществ. Зависимость химических свойств вещества от строения его молекулы – инертность простого вещества азота, свойства аммиака, обусловленные наличием неподеленной электронной пары.

Зависимость физических свойств вещества от его строения иллюстрировалась следующим образом:

- Молярный объем – отражение межмолекулярного взаимодействия (таблица величин молярных объемов различных газов). Обсуждение близости значения молярного объема азота к молярному объему идеального газа.
- Температуры кипения – отражение межмолекулярного взаимодействия (на примере изменения значения температур кипения водородных соединений элементов главных подгрупп). Низкая температура кипения азота (неполярная молекула с малым межмолекулярным взаимодействием).
- Водородные связи – вода, фтороводород и аммиак.

Аллотропия – зависимость химических свойств вещества от строения его молекулы:

- Сравнение физических и химических свойств кислорода и озона.
- Аллотропные модификации серы – сходство и различие свойств.
- Аллотропные модификации углерода – удачный пример для сравнения физических свойств веществ с атомной (графит, алмаз) и молекулярной решеткой (фуллерен).
- Продолжение обсуждения различия свойств веществ с разным типом решетки – аллотропия фосфора – белый и красный фосфор. Иллюстрация большей реакционной способности белого фосфора. И здесь же – получение белого фосфора конденсацией – построение кристаллической решетки из газовой фазы.

И если аллотропия углерода – выделение фуллерена и получение нанотрубок – фактически исследования нескольких последних десятилетий, то другой аллотропный переход – оловянная чума – известен человечеству более двухсот лет, хотя объяснен был относительно недавно и до сих пор изучается.

Оптическая изомерия – еще одна иллюстрация зависимости свойств вещества от строения (мята и тмин).

Изменение свойств атомов приводит к изменению физических свойств и химических свойств. Эта мысль иллюстрируется на примере простых веществ галогенов и галогенидов, а именно: изменение физических свойств галогенов (температуры кипения и плавления, растворимость в воде и неполярных растворителях) и химических свойств (взаимодействие простых веществ галогенов с водородом и металлами), изменение восстановительных свойств галогенидионов.

Естественно, в ходе лекции параллельно с развитием обсуждения идеи происходит обсуждение химических свойств веществ и других достаточно важных фактов и понятий, например, оловянной чумы и гибели экспедиции Скотта (аллотропия олова), первого боевого отравляющего вещества и последствия его применения (физические и химические свойства хлора), экстракция (сравнение растворимости простых веществ галогенов в полярных и неполярных растворителях), что такое иодная настойка, однофакторный эксперимент и др.

Вторая лекция была посвящена металлам и металлургии. На примере железа показано, как можно характеризовать свойства элемента, то есть совокупность свойств простого вещества и его соединений:

- физические и химические свойства простого вещества;
- сравнение устойчивости соединений в разных степенях окисления;
- переходы между соединениями в различной степени окисления
- сравнение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов в разных степенях окисления.

Также обсуждалось, что такое чугун и сталь (влияние количества примеси на свойства объекта), пиррофорность (влияние измельченности на свойства вещества).

При рассмотрении свойств алюминия, естественно, необходимо было рассмотреть две основные идеи – амфотерность и пассивация. Это достаточно общие идеи. Рассмотрение амфотерности опиралось на генетическую схему, рассмотренную еще в начале курса (вводный блок), фактически – повторение, но на новом уровне, т.к. для большинства студентов за этими словами и уравнениями стал ощущаться большой смысл.

При рассмотрении пассивации именно в теме «Алюминий» мы рассматривали структуру корунда, корундоподобную структуру и изменение свойств простого вещества, вызванные наличием пленки оксида с корундоподобной структурой на его поверхности, то есть фактически еще раз обсуждали обусловленность свойств вещества его строением.

Алюминий интересен еще и тем, что его простое вещество – основа метода металлотермии (алюминотермия). Электролиз расплава оксида – практически самый рассматриваемый пример электрометаллургии.

Мы в ходе лекции рассматриваем только общие идеи методов пирометаллургии, гидрометаллургии и электрометаллургии, иллюстрируя их одним-двумя примерами, подробно останавливаясь на доменном процессе и получении стали.

В третьей лекции существенное внимание уделено неидеальности системы, жесткости, отложению и выщелачиванию горных пород (применение идеи равновесия к конкретному процессу)

Понимание, что реальная система, как правило, неидеальна, важно для любого ученого в области естественных наук. Мы рассматривали неидеальность системы на примере рН нейтрального раствора и рН дистиллированной воды. На наш взгляд, объяснение, почему рН дистиллированной воды не равняется в точности 7, очень важно для будущих геологов.

Обсуждение далее угольной кислоты, карбонатов и гидрокарбонатов выводит на жесткость воды и способы ее уменьшения, отложение и выщелачивание горных пород. Очень важно, на наш взгляд, показать студентам, что разные явления могут быть обусловлены одним и тем же химическим процессом (протекать с похожими механизмами). И объяснение механизмов многих процессов основывается на ранее рассмотренных общих принципах, в данном случае – равновесия.

В ходе этой же лекции обсуждается вопрос «пропусков» в таблице растворимости. Чем вызвана невозможность существования вещества в растворе? Именно в конце курса логичнее всего говорить о возможных кислотно-основных и окислительно-восстановительных взаимодействиях между ионами – это должно вызывать у студентов, на наш взгляд, ассоциации с материалом предыдущего курса.

Той же цели – взгляду назад, на начало курса, чтобы понять, что студент все-таки продвинулся в своем понимании того, как устроен мир с химической точки зрения, служит и возвращение к строению силикатов, рассмотрение некоторых минералов, стекла, цемента.

Естественно, хотя при построении курса обсуждение «основных идей» было одной из важнейших целей, весь цикл лекции по неорганической химии построить только как обсуждение идей невозможно. Поэтому, конечно, в курс лекций вошло обсуждение многих общих и частных вопросов неорганической химии, например, взаимодействие металлов с азотной и серной кислотами, связь

положения в ряду активности металла с его конкретными химическими свойствами, обзор свойств некоторых элементов, и др.

Если на лекциях проходило обсуждение идей и примеров их «применения», то работа на семинарах по химии элементов – систематизация по принципу построения генетических схем соединений определенного элемента. Домашнее задание с семинара – построить генетическую схему для другого элемента.

В заключение, автор сердечно благодарит доцента к.х.н. Кучеренко Л.И., доцента к.п.н. Буданову А.А., ст. преп. Демина В.В. и н.с. Скорнякову О.В., без поддержки которых была бы невозможна не только эта статья, но и работа на потоке «Геофизика».

ЛИТЕРАТУРА

1. www.chem.msu.ru/rus/teaching/lecture-courses-nonchem/bataeva.html