

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Национальный исследовательский университет

Петьков В.И.

Избранные главы химии твердого тела (Изоморфизм. Твердые растворы. Морфотропия. Полиморфизм)

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методической комиссией химического факультета, центром инновационных образовательных технологий (Центр «Тюнинг») ИЭП для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 020100 «Химия», 240100 «Химическая технология», специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия» и преподавателей высших учебных заведений

Нижний Новгород
2014

УДК 548.3
ББК Г 24
П 31

Материалы подготовлены в соответствии с планом работ по реализации дорожной карты ННГУ на 2013–2014 гг.

Задача 1.2. Внедрение современных педагогических технологий в учебный процесс

Мероприятие 1.2.1. Формирование учебно-методических материалов для проектно-ориентированного обучения (project based learning) по разным направлениям обучения

Петьков В.И. Избранные главы химии твердого тела: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород, 2014. – 90 с.

В учебно-методическом пособии кратко изложен материал, касающийся технологий обучения и форм организации учебного процесса в высшей школе с позиций личностно-деятельностного подхода к обучению. Представлен опыт проектно-ориентированного обучения по дисциплине специализации «Избранные главы химии твердого тела», построенный в логической последовательности: от прогностичности целей обучения (*чему и для чего?*) к отбору и проектированию содержания (*что?*), организации учебного процесса (*как?*), методов и средств обучения (*при помощи чего?*) с учетом диагностики достигнутых результатов обучения (*что получилось?*).

Пособие предназначено для преподавателей высшей школы, желающих ознакомиться и приобрести опыт в организации курсов, выстроенных в активных методах и реализующих компетентностный подход в образовании. Пособие может быть полезным для студентов, изучающих дисциплину «Избранные главы химии твердого тела».

Ответственные за выпуск:

председатель методической комиссии химического факультета доц. А.В. Маркин, руководитель центра инновационных образовательных технологий (Центр «Тьюнинг») ИЭП проф. А.К. Любимов

УДК 548.3
ББК Г 24

© В.И. Петьков

© Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Технологии обучения и формы организации учебного процесса в высшей школе	5
Глава 2. Организация обучения в преподавании дисциплины «Избранные главы химии твердого тела»	36
Глава 3. Приемы активного обучения, используемые в преподавании дисциплины «Избранные главы химии твердого тела»	74
Заключение	87
Литература	89
Приложение (работа студента)	90

Введение

В условиях модернизации высшего профессионального образования становится актуальным понимание того, что основная цель учебы – подготовка выпускника не просто знающего, но умеющего распорядиться этим знанием. Выпускник-профессионал должен обладать критическим мышлением, способен среди множества решений аргументировано выбирать наиболее оптимальное, принимать на себя ответственность и делать осмысленный выбор, самостоятельно решать проблемы, быть готов к самообразованию, самоопределению, саморазвитию.

Ранее условия подготовки специалистов в вузах традиционно оставались неизменными, а в организации учебной деятельности студентов предпочтение отдавалось проверенным временем и хорошо освоенным формам и методам. Преподаватели вуза играли роль передатчика научной и учебной информации. Изменение целевой установки образования с традиционной «накопительной» на «проблемно-постановочную» радикальным образом меняет требования к преподавателю вуза. В настоящее время в условиях передачи компетентных знаний, как потенциала к действиям, преподаватель становится организатором познавательной деятельности студентов, их самостоятельной работы, научного творчества в русле компетентностно-деятельностного подхода, поэтому он должен обладать способностью к самоорганизации деятельности в вузе, проектировочными и организационными способностями.

Работа в условиях новых федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (далее – ФГОС) требует от преподавателей умения ориентироваться на конечную цель, решать актуальные задачи с учетом будущей специализации студентов, при планировании курса учитывать его место в учебном плане и устанавливать необходимые взаимосвязи с другими дисциплинами.

Для выполнения таких задач преподавателю необходимы специальные знания, которые включают не только знание предмета, но и знания по педагогике, психологии и методике преподавания. Предметные знания высоко ценятся самими преподавателями, их коллегами и, как правило, находятся на высоком уровне. Совсем иное положение наблюдается со знаниями по педагогике, психологии и методике преподавания в высшей школе: хотя большинство преподавателей отмечают недостаток у себя этих знаний, тем не менее, только незначительное меньшинство занимается психолого-педагогическим образованием. В то же время современная дидактика высшей школы располагает обширным инструментарием для интенсификации и активизации процесса обучения даже в рамках традиционной лекционно-семинарской системы обучения [1, 2].

В настоящем учебно-методическом пособии представлен опыт проектно-ориентированного обучения по дисциплине специализации «Избранные главы химии твердого тела (Изоморфизм. Твердые растворы. Морфотропия.

Полиморфизм)». Дисциплина изучается один семестр студентами-бакалаврами и студентами-магистрами химического факультета ННГУ. Она тесно взаимосвязана с циклом общепрофессиональных дисциплин основной образовательной программы (кристаллохимией, физической, неорганической, органической химией, химической технологией), общих математических и естественнонаучных дисциплин (математикой, информатикой) и дисциплин по выбору студента (материаловедением, физической химией твердого тела). Актуальность пособия обусловлена выстраиванием занятий спецдисциплины «Избранные главы химии твердого тела» в активных методах, повышающих эффективность учебного процесса в целом, мотивацию к обучению у студентов, ответственность студентов за результаты их обучения.

Цель настоящего учебно-методического пособия – на основе опыта создания и реализации спецкурса «Избранные главы химии твердого тела» оказать содействие преподавателям в создании собственных курсов в активных методах, обратить внимание на возникающие проблемы. В пособии представлены возможные формы организации занятий, выстроенных в активных методах обучения, дидактический материал для работы студентов на занятиях по спецкурсу.

Глава 1

Технологии обучения и формы организации учебного процесса в высшей школе

Интенсификация и активизация обучения

Современные педагогические технологии (например, технологии личностно-ориентированного образования) позволяют реформировать базовый образовательный процесс на повышение продуктивности образования [2, 3]. Одним из таких приемов является интенсификация учебной деятельности.

Интенсификация обучения – это повышение темпов обучения без снижения требований к качеству знаний, что достигается путем совершенствования:

- содержания учебного материала;
- методов обучения.

Наряду с "интенсификацией обучения" широко используется понятие "активизация обучения". Под активизацией учебной деятельности понимается деятельность преподавателя, направленная на разработку и использование таких форм, содержания, приемов и средств обучения, которые способствуют повышению интереса, самостоятельности, творческой активности студента в усвоении знаний, формировании умений, навыков в их практическом применении, а также в формировании способностей прогнозировать производственную ситуацию и принимать самостоятельные решения.

В современных условиях стратегическим направлением интенсификации и активизации обучения становится создание дидактических и психологических условий для осмысленности обучения, включения в этот процесс студентов не только на уровне интеллектуальной, но и социальной и личностной активности.

Для повышения эффективности вузовского обучения важно создать такие психолого-педагогические условия, в которых студент занимает активную личностную позицию и в полной мере проявляет себя как субъект учебной деятельности.

В ситуации обучения существуют три группы мотивов, связанных с традиционными и активными формами обучения (некоторые психологи придерживаются разделения мотивов на две группы в зависимости от того, что лежит в основе мотивации: побуждение или потребность познания). При традиционном обучении у студентов формируется две группы побуждающих мотивов:

- непосредственно побуждающие мотивы. Они могут возникнуть у студентов за счет педагогического мастерства преподавателя, формируя интерес к данному предмету. Эти внешние факторы отражают скорее заинтересованность, но не мотивацию познавательного плана;
- перспективно побуждающие мотивы. Например, преподаватель объясняет студентам, что без усвоения данного конкретного раздела нельзя освоить следующий раздел, либо у студентов формируется мотив к обучению, поскольку впереди экзамен по дисциплине; или нужно отлично сдать сессию, чтобы получать повышенную стипендию. В этом случае познавательная деятельность является лишь средством достижения цели, находящейся вне самой познавательной деятельности.

При активных формах обучения возникает совершенно новая группа мотивов:

- познавательно-побуждающие мотивы бескорыстного поиска знания, истины. Интерес к обучению возникает в связи с *проблемой* и развертывается в процессе умственного труда, связанного с поисками и нахождением решения проблемной задачи или группы задач. На этой основе возникает внутренняя заинтересованность к овладению знаниями.

Как видим, традиционная педагогика ориентирует преимущественно на стимуляцию побуждающих мотивов, на мотивацию достижения: получить высокие баллы, успешно сдать сессию и т.д. Познавательно-побуждающая мотивация появляется при применении активных методов обучения и, возникнув, превращается в фактор активизации учебного процесса и эффективности обучения. Познавательная мотивация побуждает человека развивать свои склонности и возможности, оказывает определяющее влияние на формирование личности и раскрытие ее творческого потенциала. Выявление психолого-педагогических характеристик, способствующих появлению познавательной мотивации с последующей ее трансформацией в мотивацию

профессиональную, представляет собой одно из стратегических направлений развития педагогики высшей школы и инновационных технологий обучения.

Сочетание познавательного интереса к предмету и профессиональной мотивации оказывает наибольшее влияние на эффективность обучения. Но формирование мотивов – лишь одна из задач активного обучения. Его успешность определяется логикой и содержанием деятельности студента.

Совершенствование содержания учебной дисциплины

Совершенствование содержания учебной дисциплины предполагает:

- рациональный отбор учебного материала с четким выделением в нем основной базовой части и дополнительной, второстепенной информации; соответствующим образом должна быть выделена основная и дополнительная литература;

- перераспределение по времени учебного материала с тенденцией изложения нового учебного материала в начале занятия, когда восприятие обучаемых более активно;

- концентрацию аудиторных занятий на начальном этапе освоения курса с целью наработки задела знаний, необходимых для плодотворной самостоятельной работы;

- рациональную дозировку учебного материала для многоуровневой проработки новой информации с учетом того, что процесс познания развивается не по линейному, а по спиральному принципу;

- обеспечение логической преемственности новой и уже усвоенной информации, активное использование нового материала для повторения и более глубокого усвоения пройденного;

- экономичное и оптимальное использование каждой минуты учебного времени.

Совершенствование методов обучения обеспечивается путем:

- широкого использования коллективных форм познавательной деятельности (парная и групповая работа, ролевые и деловые игры и др.);

- выработки у преподавателя соответствующих навыков организации управления коллективной учебной деятельностью студентов;

- применения различных форм и элементов проблемного обучения;

- совершенствования навыков педагогического общения, мобилизующих творческое мышление обучаемых;

- индивидуализации обучения при работе в студенческой группе и учета личностных характеристик при разработке индивидуальных заданий и выборе форм общения;

- стремления к результативности обучения и равномерному продвижению всех обучаемых в процессе познания независимо от исходного уровня их знаний и индивидуальных способностей;
- знания и использования новейших научных данных в области социальной и педагогической психологии;
- применения современных аудиовизуальных средств, технических средств обучения (ТСО), а при необходимости – информационных средств обучения.

Интенсификация, как одно из перспективных направлений активизации обучения, базируется на взаимодействии индивидуально-психологических и коллективно-психологических факторов в учебной деятельности. На практике это означает, что каждый преподаватель определяет материал, который необходимо преподавать в прежней форме – традиционной лекции, материал, который требует применения активных методов обучения, а также материал для самостоятельного изучения студентами.

Повышение эффективности лекций в вузовском образовании

В современной дидактической литературе лекция определяется как главное звено дидактического цикла обучения. Ее цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала.

В настоящее время наряду со сторонниками существуют противники лекционного изложения учебного материала. Последние считают, что лекция приучает студентов к пассивному восприятию чужих мнений, тормозит самостоятельное мышление; лекция не способствует развитию потребности в самостоятельных занятиях; для многих студентов присутствие на лекции оборачивается пустой тратой времени, поскольку они, не успевая осмысливать материал, только механически записывают слова лектора.

Однако в учебном процессе складывается ряд ситуаций, когда лекционная форма обучения не может быть заменена никакой другой:

- при отсутствии учебников по новым складывающимся курсам лекция – основной источник информации;
- новый учебный материал по конкретной теме не нашел еще отражения в существующих учебниках или некоторые его разделы устарели;
- отдельные темы учебника особенно трудны для самостоятельного изучения и требуют методической переработки лектором;
- по основным проблемам курса существуют противоречивые концепции, в этом случае лекция необходима для их объективного освещения.

Преимущества лекции:

- творческое общение лектора с аудиторией, сотворчество, эмоциональное взаимодействие;

- весьма экономный способ получения в общем виде основ знаний;
- активизация мысленной деятельности, если лекция хорошо понята и внимательно прослушана.

Отсюда следует, что задача лектора – развивать активное внимание студентов, вызывать движение их мысли вслед за мыслью лектора.

Опыт показывает, что отказ от лекций снижает научный уровень подготовки студентов, нарушает системность и равномерность работы в течение семестра. Поэтому лекция по-прежнему продолжает оставаться ведущей формой организации учебного процесса в вузе. Указанные выше недостатки в значительной мере могут быть преодолены рациональным построением материала и использованием современных подходов к чтению лекций для активизации внимания студентов.

В настоящее время известны новые лекционные формы, такие как проблемная лекция, лекция вдвоем, лекция-визуализация, лекция – пресс-конференция, лекция с заранее запланированными ошибками.

Проблемная лекция. В отличие от информационной лекции, на которой преподносится и объясняется готовая информация, подлежащая запоминанию, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное, которое необходимо "открыть". Задача преподавателя – создав проблемную ситуацию, побудить студентов к поискам решения проблемы, шаг за шагом подводя их к искомой цели. Для этого новый теоретический материал представляется в форме проблемной задачи. В ее условиях имеются противоречия, которые необходимо обнаружить и разрешить. В ходе их разрешения и в итоге – как результат – студенты приобретают в сотрудничестве с преподавателем новое нужное знание. Таким образом, процесс познания студентов при данной форме изложения информации приближается к поисковой, исследовательской деятельности. Главное условие – реализовать принцип проблемности при отборе и обработке лекционного материала, содержания и при его развертывании непосредственно на лекции в форме диалогического общения. С помощью проблемной лекции обеспечиваются развитие теоретического мышления, познавательного интереса к содержанию предмета, профессиональная мотивация, корпоративность.

Лекция-визуализация возникла как результат поиска новых возможностей реализации принципа наглядности и представляет собой устную информацию, преобразованную в визуальную форму. Видеоряд, будучи воспринятым и осознанным, сможет служить опорой адекватных мыслей и практических действий. Преподаватель должен создать такие демонстрационные материалы, такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но сами выступают носителями содержательной информации. Подготовка такой лекции состоит в реконструировании, перекодировании содержания лекции или ее части в визуальную форму для предъявления студентам через ТСО или вручную (слайды, пленки, планшеты, чертежи,

рисунки, схемы и т.д.). Чтение такой лекции сводится к сводному, развернутому комментированию подготовленных визуальных материалов.

Лекция вдвоем. Эта разновидность лекции является продолжением и развитием проблемного изложения материала в диалоге двух преподавателей. Здесь моделируются реальные ситуации обсуждения теоретических и практических вопросов двумя специалистами. Например, представителями двух различных научных школ, теоретиком и практиком, сторонником и противником того или иного технического решения и т.д.

Лекция – пресс-конференция. Назвав тему лекции, преподаватель просит студентов задавать ему письменно вопросы по данной теме. В течение двух-трех минут студенты формулируют наиболее интересующие их вопросы и передают преподавателю, который в течение трех-пяти минут сортирует вопросы по их содержанию и начинает лекцию. Лекция излагается не как ответы на вопросы, а как связный текст, в процессе изложения которого формулируются ответы. В конце лекции преподаватель проводит анализ ответов как отражение интересов и знаний учащихся.

Лекция с заранее запланированными ошибками. Эта лекционная форма призвана активизировать внимание студентов, развивать их мыслительную деятельность, формировать умения выступать в роли экспертов, рецензентов и т.д. Подготовка к лекции с заранее запланированными ошибками состоит в том, чтобы заложить в нее определенное количество ошибок содержательного, методического, поведенческого характера, их список преподаватель приносит на лекцию и предъявляет студентам в конце. Подбираются наиболее типичные ошибки, которые обычно не выпячиваются, а как бы затушевываются. Задача студентов состоит в том, чтобы по ходу лекции отмечать ошибки, фиксировать их на полях и называть в конце. На разбор ошибок отводится 10–15 минут. При этом правильные ответы называют и студенты, и преподаватель. Такая лекция одновременно выполняет стимулирующую, контрольную и диагностическую функцию, помогая диагностировать трудности усвоения предыдущего материала.

Семинарские занятия

В современной высшей школе семинар является одним из основных видов практических занятий. Главная цель семинарских занятий – обеспечить студентам возможность овладеть навыками и умениями использования теоретического знания применительно к особенностям изучаемого предмета.

Форма семинарских занятий: а) развернутая беседа по заранее известному плану; б) небольшие доклады студентов с последующим обсуждением участниками семинара.

Недостатки традиционно сложившейся организации семинарского занятия очевидны:

- выступающие студенты демонстрируют индивидуальные знания, поэтому общение практически отсутствует;
- нет сотрудничества и взаимопомощи. Попытка помочь выступающему расценивается как подсказка, запрещенный прием, нарушение дисциплины;
- нет личностного включения студентов в учебную деятельность;
- сковывается интеллектуальная активность студентов;
- дистанция между преподавателем и студентами ставит барьер общению, взаимодействию;
- студенты имеют возможность не высказываться, заниматься во время семинара другой работой.

Сама форма организации семинара ставит студентов в пассивную позицию, их речевая активность сводится к минимуму. Отсутствует возможность формировать навыки профессионального общения и взаимодействия, которые требуются профессиональным сообществом. Таким образом, фронтальная форма общения на занятии не является адекватной моделью отношений людей в коллективе, на производстве и сегодня не удовлетворяет требованиям подготовки специалистов.

В настоящее время в пособиях по дидактике высшей школы широко описываются *семинары в технологиях активного обучения*, когда осуществляются сотрудничество и взаимопомощь, где каждый студент имеет право на интеллектуальную активность, заинтересован в достижении общей цели семинаров, принимает участие в коллективной выработке выводов и решений [2]. Все более актуальным становится понимание, что преподаватель в высшей школе должен обеспечивать освоение программы предметного курса не изложением готовых знаний, а вовлечением студентов в активную учебную деятельность по конструированию новых знаний. На первое место в современных условиях выходит развитие критического мышления у студентов, их умение самостоятельно формулировать и решать практические проблемы, критически осмысливать полученную информацию, делать выводы, защищать собственную позицию и оценивать полученные результаты. Именно данный подход в настоящее время получил отражение в ФГОСах третьего поколения, которые ставят перед каждым преподавателем высшей школы вполне конкретные задачи – перевести часть занятий, ранее осуществлявшихся в традиционной форме в активные. ФГОС требует широкого использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Активное обучение

Активное обучение характеризуется рядом отличительных особенностей:

- принудительная активизация мышления, когда обучаемый вынужден быть активным независимо от его желания;
- достаточно длительное время вовлеченности обучаемых в учебный процесс, поскольку их активность должна быть не кратковременной или эпизодической, а в значительной степени устойчивой и длительной (т.е. в течение всего занятия);
- самостоятельная творческая выработка решений, повышение степени мотивации и эмоциональности обучаемых;
- постоянное взаимодействие обучаемых и преподавателей посредством прямых и обратных связей.

Переход на активное обучение приводит к необходимости пересмотра всего учебного курса и каждого занятия. Цель формулируется в категориях формирующихся компетенций, содержание должно быть организовано вокруг ключевых идей. Объяснительно иллюстративный метод, характерный для традиционного обучения, должен уступать проблемным, исследовательским методам обучения. Лекционная форма организации занятий по возможности заменяется дискуссионными формами, фронтальная форма организации работы в аудитории заменяется групповыми формами работы.

Методы обучения

Весьма продуктивную классификацию методов обучения по характеру деятельности обучаемых (степени самостоятельности и творчества) предложили И.Я. Лернер и М.Н. Скаткин [4], причем в каждом из последующих методов степень активности и самостоятельности в деятельности обучаемых нарастает:

1. Объяснительно-иллюстративный метод. Учащиеся получают знания на лекции, из учебной или методической литературы, через экранное пособие в "готовом" виде. Воспринимая и осмысливая факты, оценки, выводы, студенты остаются в рамках репродуктивного (воспроизводящего) мышления. В вузе данный метод находит самое широкое применение для передачи большого массива информации.

2. Репродуктивный метод. К нему относят применение изученного на основе образца или правила. Деятельность обучаемых носит алгоритмический характер, т.е. выполняется по инструкциям, предписаниям, правилам в аналогичных, сходных с показанным образцом, ситуациях.

3. Метод проблемного изложения. Используя самые различные источники и средства, педагог, прежде чем излагать материал, ставит проблему, формулирует познавательную задачу, а затем, раскрывая систему доказательств, сравнивая точки зрения, различные подходы, показывает способ

решения поставленной задачи. Студенты как бы становятся свидетелями и соучастниками научного поиска. И в прошлом, и в настоящем такой подход широко используется.

4. Частично-поисковый, или эвристический, метод. Заключается в организации активного поиска решения выдвинутых в обучении (или самостоятельно сформулированных) познавательных задач либо под руководством педагога, либо на основе эвристических программ и указаний. Процесс мышления приобретает продуктивный характер, но при этом поэтапно направляется и контролируется педагогом или самими учащимися на основе работы над программами (в том числе и компьютерными) и учебными пособиями. Такой метод, одна из разновидностей которого – эвристическая беседа, – проверенный способ активизации мышления, возбуждения интереса к познанию на семинарах и коллоквиумах.

5. Исследовательский метод. После анализа материала, постановки проблем и задач и краткого устного или письменного инструктажа обучаемые самостоятельно изучают литературу, источники, ведут наблюдения и измерения и выполняют другие действия поискового характера. Инициатива, самостоятельность, творческий поиск проявляются в исследовательской деятельности наиболее полно. Методы учебной работы непосредственно перерастают в методы научного исследования.

В педагогической литературе представлен широкий спектр методов обучения. Но какие методы обучения использовать? Какие взять за основу? Какие из них содержат оптимальные обучающие возможности?

Подход, удачно обобщающий "оптимальный выбор метода обучения" [5], состоит из семи шагов:

1. Решение о том, будет ли материал изучаться самостоятельно или под руководством педагога; если студент может без излишних усилий и затрат времени достаточно глубоко изучить материал самостоятельно, помощь педагога окажется излишней. В противном случае в той или иной форме она необходима;

2. Определение соотношения репродуктивных и продуктивных методов. Если есть условия, предпочтение должно отдаваться продуктивным методам;

3. Определение соотношения индуктивной и дедуктивной логики, аналитического и синтетического путей познания. Если эмпирическая база для дедукции и анализа подготовлена, дедуктивные и синтетические методы вполне по силам для взрослого человека. Они, бесспорно, предпочтительнее как более строгие, экономные, близкие к научному изложению;

4. Установление меры и способов сочетания словесных, наглядных, практических методов;

5. Решение о необходимости введения методов стимулирования деятельности студентов;

6. Определение "точек", интервалов, методов контроля и самоконтроля;

7. Продумывание запасных вариантов на случай отклонения реального процесса обучения от запланированного.

Групповые формы учебной деятельности

Знание предмета оказывается более прочным, когда предмет учебной деятельности выступает как средство общения [1, 2]. В этой ситуации в процессе обучения возникают отношения студентов между собой по поводу предмета, т.е. по схеме: субъект (студент) – объект (предмет) – субъект (студент). При этом в ходе обучения знания должны быть получены студентами более или менее самостоятельно. Правильное соотношение деятельности и общения позволяет органично сочетать обучающую и воспитывающую функции учебного процесса.

Учебную студенческую группу следует рассматривать как коллектив, занимающийся совместной учебной деятельностью, а процессы общения в группе во время занятий – как процессы, формирующие межличностные отношения в этом творческом коллективе.

Подобное общение в процессе обучения представляет собой специфическую систему взаимопонимания и взаимодополнения друг друга для всех участников совместной деятельности, а предметом общения являются ее продукты: студенты непосредственно в процессе усвоения знаний обмениваются результатами познавательной деятельности, обсуждают их, дискутируют. При такой форме межличностных отношений каждый студент группы одновременно воспитатель и воспитуемый.

Межличностное общение в учебном процессе повышает мотивацию за счет включения социальных стимулов: появляются личная ответственность, чувство удовлетворения от публично переживаемого успеха в учении. Все это формирует у обучаемых качественно новое отношение к предмету, чувство личной сопричастности общему делу, каким становится совместное овладение знаниями.

При организации коллективной работы студентов возникает ряд трудностей организационного, педагогического и социального плана. Чтобы групповая работа по нахождению новых знаний была по-настоящему продуктивной, необходимо предложить студентам совместную деятельность.

Современные педагогические технологии как способ организации активного обучения

Технология обучения – это способ реализации содержания обучения, предусмотренного учебными программами, представляющий систему форм, методов и средств обучения, обеспечивающую наиболее эффективное достижение поставленных целей. В технологии обучения содержание, методы и

средства обучения находятся во взаимосвязи и взаимообусловленности. Педагогический профессионализм преподавателя состоит в том, чтобы отобрать нужное содержание, применить оптимальные методы и средства обучения в соответствии с программой и поставленными педагогическими задачами. Среди технологий обучения выделяют две градации – традиционную и инновационную.

Для достижения главной дидактической цели преподаватель, переходящий на активное обучение, должен уметь планировать свою деятельность и проектировать деятельность студентов, управлять процессом обучения, вести учащихся к достижению целей. Это требует не только знания теории активного обучения, но и овладения его технологией, специфическими приемами, организующими работу студентов, умения перестроить традиционные формы работы. Перед преподавателем, переходящим на новый способ организации занятий встают совершенно новые задачи – не только содержательного, но и процессуального характера: как организовать и провести такое занятие?

Последовательность процесса педагогического проектирования будет следующей:

- выбор содержания обучения, предусмотренного учебным планом и учебными программами;
- выбор приоритетных целей, на которые должен быть ориентирован преподаватель: какие профессиональные и личностные качества будут сформированы у студентов в процессе преподавания проектируемой дисциплины;
- выбор форм организации учебного процесса, выбор методов и средств обучения, ориентированной на совокупность целей или на одну приоритетную цель;
- выбор способов аутентичного оценивания результатов.

Активное обучение становится реальностью благодаря разработке и внедрению современных образовательных технологий, создание которых обусловлено научными открытиями: результаты исследований закономерностей развития человеческого мышления привели к развитию проблемного обучения; деятельностный подход возник на основе исследований психологов и философов в области человеческой деятельности.

Инновационные технологии обучения следует рассматривать как инструмент, с помощью которого новая образовательная парадигма становится реальностью учебного процесса в высшей школе.

Приведем в рамках данной работы краткий обзор тех современных педагогических технологий, применение которых в учебном процессе дали возможность перейти к активному обучению в преподавании дисциплины «Избранные главы химии твердого тела».

Технология проектного обучения

Метод проектов как методологический подход к организации самостоятельной исследовательской деятельности студентов всегда предполагает решение проблемы, ориентирован на групповую или индивидуальную самостоятельную деятельность с педагогическим сопровождением, завершающуюся созданием «продукта». Суть проектного обучения – система действий педагога и учащихся по разработке проекта. Решение проблемы предусматривает, с одной стороны, использование совокупности разнообразных методов, средств обучения, а с другой, предполагает необходимость интегрирования знаний, умений применять знания из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей. Цель проектного обучения состоит в том, чтобы создать условия, при которых учащиеся: самостоятельно и охотно приобретают недостающие знания из разных источников; учатся пользоваться приобретенными знаниями для решения познавательных и практических задач; приобретают коммуникативные умения, работая в различных группах; развивают у себя исследовательские умения (умения выявления проблем, сбора информации, наблюдения, проведения эксперимента, анализа, построения гипотез, обобщения); развивают системное мышление. Если цели проекта достигнуты, то мы можем рассчитывать на получение качественно нового результата, выраженного в развитии познавательных способностей обучаемого и его самостоятельности в учебно-познавательной деятельности. В технологии проектного обучения разработана система действий преподавателя и студента при выполнении проекта [6].

Проблемное обучение

Проблемное обучение как творческий процесс представляется в виде решения нестандартных научно-учебных задач нестандартными же методами. Если тренировочные задачи предлагаются учащимся для закрепления знаний и отработки навыков, то проблемные задачи – это всегда поиск нового способа решения.

Как категория диалектической логики, проблема отражает диалектические противоречия в познаваемом объекте в процессе его исследования. Как категория психологическая, она отражает противоречия и у субъекта при познании объекта: одна и та же проблема разными людьми или разными группами людей может восприниматься по-разному, вызывать затруднения в ее осмыслении.

Проблемным обучением можно назвать обучение решению нестандартных задач, в ходе которого обучаемые усваивают новые знания, умения и навыки. Формирование профессионального мышления студентов – это по сути дела выработка творческого, проблемного подхода.

Вузовская подготовка должна сформировать у специалиста необходимые творческие способности:

- самостоятельно увидеть и сформулировать проблему;
- выдвинуть гипотезу, найти или изобрести способ ее проверки;
- собрать данные, проанализировать их, предложить методику их обработки;
- сформулировать выводы и увидеть возможности практического применения полученных результатов;
- увидеть проблему в целом, все аспекты и этапы ее решения, а при коллективной работе – определить меру личного участия в решении проблемы.

Суть проблемной интерпретации учебного материала состоит в том, что преподаватель не сообщает знаний в готовом виде, но ставит перед учащимися проблемные задачи, побуждая искать пути и средства их решения. Проблема сама прокладывает путь к новым знаниям и способам действия.

Принципиально важен тот факт, что новые знания даются не для сведения, а для решения проблемы или проблем. При традиционной педагогической стратегии – от знаний к проблеме – студенты не могут выработать умений и навыков самостоятельного научного поиска, поскольку им даются для усвоения его готовые результаты. "Потребление" готовых достижений науки не может сформировать в сознании студентов модель будущей реальной деятельности. Решение проблемы требует включения творческого мышления. Активизации творческого мышления способствуют субъект – объект – субъектные отношения, возникающие при коллективном решении проблемы.

Занимающийся проблемным обучением преподаватель должен знать структуру и типологию проблемных ситуаций, способы их разрешения, педагогические приемы, определяющие тактику проблемного подхода [2]. Примерами проблемных ситуаций, в основу которых положены противоречия, характерные для познавательного процесса, могут служить:

- проблемная ситуация как следствие противоречий между школьными знаниями и новыми для студентов фактами, разрушающими теорию;
- понимание научной важности проблемы и отсутствие теоретической базы для ее решения;
- многообразие концепции и отсутствие надежной теории для объяснения данных фактов;
- практически доступный результат и отсутствие теоретического обоснования;
- противоречие между теоретически возможным способом решения и его практической нецелесообразностью;
- противоречие между большим количеством фактических данных и отсутствием метода их обработки и анализа.

Все указанные противоречия возникают из-за дисбаланса между теоретической и практической информацией, избытком одной и недостатком другой, или наоборот.

Проблемная ситуация имеет педагогическую ценность лишь в том случае, когда она позволяет разграничить известное и неизвестное и наметить пути решения, когда человек, столкнувшись с проблемой, точно знает, что именно ему неизвестно.

Хотя преподавателю с самого начала известен кратчайший путь к решению проблемы, его задача – ориентировать сам процесс поиска, шаг за шагом приводя студентов к решению проблемы и получению новых знаний.

В результате исследований и практической деятельности выделены три главных условия успешности проблемного обучения:

- обеспечение достаточной мотивации, способной вызвать интерес к содержанию проблемы;
- обеспечение посильности работы с возникающими на каждом этапе проблемами (рациональное соотношение известного и неизвестного);
- значимость информации, получаемой при решении проблемы, для обучающегося.

Главная психолого-педагогическая цель проблемного обучения – развитие профессионального проблемного мышления – в каждой конкретной деятельности имеет свою специфику. Вообще развитие творческих способностей носит прикладной характер и конкретизируется применительно к предмету, преобразуясь в формирование той или иной творческой способности, в нестандартное видение.

Успешность перестройки обучения с традиционного на проблемное зависит от "уровня проблемности", который определяется двумя следующими факторами:

- степенью сложности проблемы, выводимой из соотношений известного и неизвестного студентом в рамках данной проблемы;
- долей творческого участия обучаемых в разрешении проблемы, как коллективного, так и личного.

Чтобы уровень мотивации студентов в процессе проблемного обучения не понизился, соответственно должен возрастать от курса к курсу уровень проблемности.

Опыт творческой работы, накапливаемый студентами в процессе обучения, позволяет повысить планку требований, внося в проблемные задачи качественные и количественные изменения.

В отечественной педагогике различают три основные формы проблемного обучения:

- проблемное изложение учебного материала в монологическом режиме лекции либо диалогическом режиме семинара;

- частично-поисковая деятельность при выполнении эксперимента, на лабораторных работах;
- самостоятельная исследовательская деятельность.

Проблемный семинар можно провести в форме теоретической игры, когда небольшие рабочие группы, организованные на базе студенческой группы, доказывают друг другу преимущества своей концепции, своего метода. Решение серии проблемных задач может быть вынесено на практическое занятие, посвященное проверке или оценке определенной теоретической модели или методики, степени их пригодности в данных условиях. Наибольшая эффективность проблемного подхода реализуется через научно-исследовательскую работу студентов, при выполнении которой студент проходит все этапы формирования профессионального мышления, в то время как на отдельной лекции, семинаре или практическом занятии преследуется одна цель или ограниченная группа целей проблемного обучения. Но в любом случае основная его цель – развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально ориентированного мышления.

Технология развития критического мышления

Целью технологии развития критического мышления через чтение и письмо (РКМЧП) является формирование навыков критического мышления посредством интерактивного включения учащихся в образовательный процесс через специфическую организацию учебного процесса, опирающуюся на три основных стадии и систему специальных методических приемов для каждой стадии, последовательно реализующих, стоящие на каждой стадии задачи [7].

Эти три стадии («Вызов» – «Осмысление» – «Размышление») и являются ее базовой моделью, позволяющей учащимся самостоятельно определять цели обучения, осуществлять активный поиск информации и размышлять о том, что они узнали.

Базовая модель задает не только определенную логику построения учебного занятия (темы, курса), но и последовательность, и способы сочетания конкретных методических приемов. Сложность самих приемов и способов их сочетания возрастает в зависимости от уровня «зрелости» учебной группы в плане когнитивного, коммуникативного и рефлексивного развития.

Именно *системное использование базовой модели* – а не отдельных приемов и стратегий технологии (которые в отдельности лишь активизируют познавательную деятельность) – *способствует развитию всех компонентов критического мышления*, обеспечивая тем самым развитие базовых компетенций. Однако на каждой из стадий доминируют вполне определенные процессы, позволяющие организовать обучение в полном соответствии с организационной структурой познавательной деятельности от осознания потребности и формирования мотива деятельности до получения результата, удовлетворяющего эту потребность в большей или меньшей степени.

Обобщенно структура технологии РКМЧП может быть представлена следующим образом (таблица 1). На первой стадии – «ВЫЗОВ» – учащиеся *самостоятельно* актуализируют имеющиеся знания и смыслы в рамках заданной учебной темы и *самостоятельно* определяют направления в изучении этой темы. При этом от преподавателя требуется именно организация процесса воссоздания имеющихся знаний и смыслов в связи с изучаемым материалом и создание ситуации, способствующей пробуждению познавательной активности в связи с изучаемой темой. Этого можно достичь путем вовлечения учащихся в действия по созданию образов и ассоциаций, формулировке гипотез и предположений, систематизации имеющихся представлений или же путем формулировки вопросов разных уровней. Обсуждение результатов выполненных действий в парах, группах или на аудиторию приводит к созданию ситуации неопределенности, связанной с необходимостью поиска компромисса между разными представлениями или поиска нового знания. Таким образом, все предпринимаемые на данной стадии действия должны привести к осознанию потребности («Что это значит для меня лично?») и формированию мотива учебной деятельности («Зачем мне это нужно?»).

Вторая стадия – «ОСМЫСЛЕНИЕ» – направлена на реализацию смыслов, полученных на первой стадии, и *самостоятельное* сопоставление изучаемого материала с уже известными данными или представлениями. Если задачи первой стадии были успешно выполнены, и учащийся самостоятельно сформулировал свою личную цель по изучению нового материала, то все его действия на второй стадии подчиняются реализации этой цели. При этом от педагога требуется организация активной работы учащегося с новой информацией посредством предложения специфических способов, помогающих ученику отслеживать свое собственное понимание, или создание для студента ситуации выбора, адекватного поставленной цели, способа ее достижения. Уже на этом этапе у студента возникает закономерное желание сравнить свое собственное понимание или полученные результаты с пониманием или результатами другого учащегося.

Возможность соотнести разные личностные смыслы, возникающие на основании изучения нового материала, а также обсудить эффективность использованных средств предоставляет третья стадия технологии – «РАЗМЫШЛЕНИЕ» (или «рефлексия») – направленная на «встраивание» нового материала в систему прежних представлений учащегося. От педагога при этом требуется создание условий для того, чтобы студент смог самостоятельно систематизировать новый материал и определить направления для дальнейшего изучения предлагаемой темы. Для этого можно предложить использовать специальные приемы, например, графические организаторы (кластер, кольца Венна, концептуальную таблицу и т.п.). Для выражения личного отношения к изученному материалу существуют также различные формы письменных работ. На этой стадии опять обязательным условием является чередование индивидуальной, групповой и аудиторной работы. Следует особо отметить, что стадия «размышления» в данной технологии

Обобщенная структура базовой модели технологии РКМЧП

Стадия	Задачи данной стадии	Действия обучающихся	Структура познавательной деятельности
<p>I. Вызов Информация, полученная на этой стадии от студентов, выслушивается, записывается, обсуждается. Работа ведется индивидуально – в парах – в группах – на аудиторию.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • овладение навыками общения; • активное участие каждого обучаемого в вызове того, что они уже знают (или думают, что знают) по данной теме; • активизация каждого обучаемого; • вызов интереса теме и определение цели ее рассмотрения. 	<ul style="list-style-type: none"> • анализируют собственные знания по заданной теме; • систематизируют информацию до ее изучения; • демонстрируют первичные знания (себе и партнеру) посредством устной и письменной речи; • задают вопросы, на которые хотели бы получить ответ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Потребность • осознание • Мотив • формирование • Цель • выбор способов реализации мотива; • планирование деятельности; • перечень действий.
<p>II. Осмысление (Реализация смысла) Происходит непосредственный контакт с новой информацией (текст, лекция, фильм, материал учебника). Работа ведется индивидуально.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • поддержание интереса, активности и инерции движения, созданного во время стадии «Вызов»; • поддержание усилий обучаемых по отслеживанию и описанию собственного понимания; • создание условий для активного восприятия новой информации и ее систематизации. 	<ul style="list-style-type: none"> • вступают в непосредственный контакт с информацией (читают, слушают, смотрят, делают опыты), • используют предлагаемые учителем активные методы чтения, • делают пометки на полях или ведут записи по мере осмысления новой информации. 	<ul style="list-style-type: none"> • Содержание • Средства • выполнение действий • частные цели • операции
<p>III. Размышление (Рефлексия) Происходит творческая переработка, анализ, интерпретация, оценка изученной информации. Работа ведется на аудиторию – в группах – в парах – индивидуально.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • возвращение к предыдущим представлениям; • активная перестройка представлений с включением новых понятий (внесение изменений или дополнений); • закрепление полученных знаний и формирование долговременного знания; • создание нового смысла (присвоение знаний), «который соотносится с моими представлениями» через творческие, исследовательские или практические задания на основе изученной информации. 	<ul style="list-style-type: none"> • соотносят «старую» информацию с «новой»; • стараются выразить мысли своими словами (присваивает информацию)ж • свободно аргументируют, обмениваются своими идеями с другими учащимися (знакомятся с различными представлениями); • анализируют собственные мыслительные операции. 	<ul style="list-style-type: none"> • Результат • реализация мотива • удовлетворение потребности

никогда не ставит точки в изучении определенного объема материала, наоборот, она должна способствовать созданию новой ситуации неопределенности, требующей поиска новых смыслов и способов их достижения.

Таким образом, системное – а не поэлементное – использование в образовательном процессе технологии РКМЧП может способствовать реализации компетентностного подхода. Ее базовая трехстадийная модель полностью соответствует организационной структуре деятельности. Последовательная реализация на практике задач каждой стадии обеспечивает формирование отдельных умений (как когнитивных и рефлексивных, так и коммуникативных – через последовательную смену форм работы) или организацию уже имеющихся умений в действия по преодолению состояний ситуации неопределенности (выбора, противоречия, компромисса).

Технология развития критического мышления имеет в своем арсенале специальные приемы, направленные на достижение тех или иных задач. Остановимся здесь лишь на одном из них – приеме «Мозгового штурма».

«Мозговой штурм» относится к эффективным способам активизации коллективной творческой деятельности. Идея основана на том, что критика и боязнь тормозят мышление, сковывают творческие процессы. Учитывая это, было предложено разделить во времени выдвижение гипотез и их критическую оценку.

Решением задачи в ходе применения данного метода управляет руководитель. Он обеспечивает выполнение всех правил "мозгового штурма", а именно:

- условие задачи формулируется перед "штурмом" в общих чертах;
- группа "генераторов идей" за отведенное время (20–40 мин.) выдвигает максимальное количество гипотез. Выдвигаются любые гипотезы: фантастические, явно ошибочные, шутливые. Идеи должны следовать непрерывно, дополняя и развивая друг друга. Регламент на каждую идею отводится в пределах 2 мин., доказательств не требуется. Все идеи протоколируются или записываются на магнитофон. На этом этапе запрещена любая критика, в том числе скрытая, в виде скептических улыбок, жестов, мимики;
- группа экспертов выносит суждение о ценности выдвинутых гипотез. Экспертиза и отбор гипотез должны проводиться тщательным образом, оцениваются несерьезные и нереальные гипотезы;
- не решенная в процессе "штурма" задача может быть предложена тому же коллективу, но в несколько измененном виде, формулировке;
- для активизации процесса генерирования идей в ходе "штурма" рекомендуется использовать некоторые приемы: инверсия (сделай наоборот), аналогия (сделай так, как это сделано в другом решении), эмпатия (считай себя

частью задачи, выясни при этом свои чувства, ощущения), фантазия (сделай нечто фантастическое);

- гипотезы оцениваются по 10-балльной системе, и выводится средний балл по оценкам всех экспертов.

Модификации "мозгового штурма"

Письменный "мозговой штурм" состоит в том, что задача формулируется письменно. Отсутствие влияния участников друг на друга благоприятно сказывается на всех этапах "мозгового штурма". Организационно проходит аналогично.

Индивидуальный "мозговой штурм" представляет собой процесс генерирования и оценки гипотез одним лицом. Генерирование идей происходит в течение 10–15 минут с их записью, а оценка через 3–5 дней.

Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной его частью. Для ее успешного выполнения необходимы планирование и контроль со стороны преподавателей, а также планирование объема самостоятельной работы в учебных планах специальностей профилирующими кафедрами, учебной частью, методическими службами учебного заведения.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

СРС предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Согласно новой образовательной компетентностной парадигме независимо от специализации и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности. Две последние составляющие образования формируются именно в процессе самостоятельной работы студентов. Преподаватель лишь организует познавательную деятельность студентов и систематически контролирует.

В вузе существуют различные виды индивидуальной самостоятельной работы – подготовка к лекциям, семинарам, лабораторным работам, зачетам, экзаменам, выполнение рефератов, заданий, курсовых работ и проектов, а на заключительном этапе – выполнение дипломного проекта. Самостоятельная

работа более эффективна, если она парная или в ней участвуют 3 человека. Групповая работа усиливает фактор мотивации и взаимной интеллектуальной активности, повышает эффективность познавательной деятельности студентов благодаря взаимному контролю.

Соотношение времени, отводимого на аудиторную и самостоятельную работу, во всем мире составляет 1:3.5. Такое соотношение основывается на огромном дидактическом потенциале этого вида учебной деятельности студентов. Именно поэтому она становится главным резервом повышения эффективности подготовки специалистов.

Сложившиеся образовательные формы учебной деятельности студентов в вузе – лекции, практические, лабораторные занятия, семинары – обуславливают формы самостоятельной работы и виды домашних заданий. Система контроля также закладывает основы для ее ориентации.

На лекции преподаватель рекомендует студентам литературу и разъясняет методы работы с учебником и первоисточниками. В этом плане особые возможности представляют вводные и установочные лекции, на которых раскрывается проблематика темы, логика овладения ею, дается характеристика списка литературы, выделяются разделы для самостоятельной проработки.

Самостоятельная работа выполняется с использованием опорных дидактических материалов, призванных корректировать работу студентов и совершенствовать ее качество. Коллективами кафедр разрабатываются: система заданий для самостоятельной работы; темы рефератов и докладов; инструкции и методические указания к выполнению лабораторных работ, тренировочных упражнений, домашних заданий и т.д.; темы курсовых работ, курсовых и дипломных проектов; списки обязательной и дополнительной литературы.

Самостоятельная работа носит деятельностный характер и поэтому в ее структуре можно выделить компоненты, характерные для деятельности как таковой: мотивационные звенья, постановка конкретной задачи, выбор способов выполнения, исполнительское звено, контроль. В связи с этим можно выделить условия, обеспечивающие успешное выполнение самостоятельной работы:

- мотивированность учебного задания (для чего, чему способствует);
- четкая постановка познавательных задач;
- алгоритм, метод выполнения работы, знание студентом способов ее выполнения;
- четкое определение преподавателем форм отчетности, объема работы, сроков ее представления;
- определение видов консультационной помощи (консультации – установочные, тематические, проблемные);
- критерии оценки, отчетности и т.д.;

- виды и формы контроля (практикум, контрольные работы, тесты, семинар и т.д.).

Самостоятельная работа включает воспроизводящие и творческие процессы в деятельности студента. В зависимости от этого различают три уровня самостоятельной деятельности студентов: репродуктивный (тренировочный), реконструктивный и творческий (поисковый).

Тренировочные самостоятельные работы выполняются по образцу: решение задач, заполнение таблиц, схем и т.д. Познавательная деятельность студента проявляется в узнавании, осмыслении, запоминании. Цель такого рода работ – закрепление знаний, формирование умений, навыков.

В ходе реконструктивных самостоятельных работ происходит перестройка решений, составление плана, тезисов, аннотирование. На этом уровне могут выполняться рефераты.

Творческая самостоятельная работа требует анализа проблемной ситуации, получения новой информации. Студент должен самостоятельно произвести выбор средств и методов решения (учебно-исследовательские задания, курсовые и дипломные проекты).

Активизация и совершенствование СРС

В педагогической литературе описаны и практически применяются разнообразные приемы активизации СРС. Вот наиболее действенные из них:

- обучение студентов методам самостоятельной работы: временные ориентиры выполнения СРС для выработки навыков планирования бюджета времени; сообщение рефлексивных знаний, необходимых для самоанализа и самооценки;
- убедительная демонстрация необходимости овладения предлагаемым учебным материалом для предстоящей учебной и профессиональной деятельности во вводных лекциях, методических указаниях и учебных пособиях;
- проблемное изложение материала, воспроизводящее типичные способы реальных рассуждений, используемых в науке и технике;
- применение операционных формулировок законов и определений с целью установления однозначной связи теории с практикой;
- применение методов активного обучения (анализ конкретных ситуаций, дискуссии, групповая и парная работа, коллективное обсуждение трудных вопросов, деловые игры);
- разработка и ознакомление студентов со структурно-логической схемой дисциплины и ее элементов; применение видеоряда;
- выдача студентам младших курсов методических указаний, содержащих подробный алгоритм, постепенно уменьшая разъяснительную

часть от курса к курсу с целью приучить студентов к большей самостоятельности;

- разработка комплексных учебных пособий для самостоятельной работы, сочетающих теоретический материал, методические указания и задачи для решения;
- разработка учебных пособий междисциплинарного характера;
- индивидуализация домашних заданий и лабораторных работ, а при групповой работе – четкое ее распределение между членами группы;
- внесение затруднений в типовые задачи, выдача задач с избыточными данными;
- контрольные вопросы лекционному потоку после каждой лекции;
- чтение студентами фрагмента лекции (15–20 мин.) при предварительной подготовке его с помощью преподавателя;
- присвоение статуса "студентов-консультантов" наиболее продвинутым и способным студентам, оказывая им всяческую помощь;
- разработка и внедрение коллективных методов обучения, групповой, парной работы;
- использование автоматизированных обучающих систем для самоконтроля студентов.

Для того чтобы студент к моменту завершения обучения в вузе приобрел опыт самостоятельного анализа и выбора адекватных действий в ситуации, требующей соответствующих компетенций, еще в процессе обучения он должен научиться самостоятельно моделировать, проигрывать, нормировать и оценивать собственные виды профессионально направленной учебной деятельности. Ориентация учебного процесса на самостоятельную работу и повышение ее эффективности предполагает реорганизацию, как ее содержания, так и деятельности студента. Инновационные аспекты организации самостоятельной работы студента, являющейся активной формой учения, включают: совместное с преподавателем определение целей и содержания самостоятельной работы с ориентацией на «активно сконструированное знание», связанное с собственными интересами обучающегося, который выступает как активный, самостоятельно организующий свою деятельность субъект педагогического взаимодействия; изменение характера взаимодействия преподавателя и студента, ориентированного на активное включение студента в планирование, реализацию самостоятельной учебной деятельности и ее мониторинг и рефлексию; организацию обратной связи на всех этапах организации самостоятельной работы студента и использование информационных технологий как средства ее поддержки; изменение оценки результатов самостоятельной работы на взаимодополняемое сочетание количественной и качественной оценки достижений.

Организационные формы СРС

В настоящее время в вузах существуют две общепринятые формы самостоятельной работы. Традиционная, т.е. собственно СРС, выполняемая самостоятельно в произвольном режиме времени в удобные для студента часы, часто вне аудитории, а когда того требует специфика дисциплины, – в лаборатории или мастерской. Другой вид самостоятельной работы – аудиторная самостоятельная работа под контролем преподавателя, у которого в ходе выполнения задания можно получить консультацию, так называемая контролируемая аудиторная самостоятельная работа (**КСР**). В настоящее время наметилась тенденция к разработке третьего, промежуточного варианта СРС, предусматривающего большую самостоятельность студентов, большую индивидуализацию заданий, наличие консультационных пунктов и ряд психолого-педагогических новаций, касающихся как содержательной части заданий, так и характера консультаций и контроля.

Заслуживает пристального внимания опыт организации и проведения КСР в Санкт-Петербургском техническом университете [2]. Придерживаясь терминологии разработчиков, будем называть традиционную СРС – С2, а контролируемую аудиторную самостоятельную работу – С1. Эти занятия представляют как бы промежуточную форму между традиционными аудиторными занятиями и С2.

На занятиях типа С1 преподаватель не читает лекций, не ведет семинаров, лабораторных работ, т.е. не является источником первичной содержательной информации. Эту информацию студенты извлекают сами, пользуясь рекомендованными источниками. В аудитории преподаватель присутствует для оказания методической помощи студентам, консультаций, контроля и организации аудиторной работы студентов. Как правило, консультации носят индивидуальный характер, и лишь в отдельных случаях даются необходимые разъяснения (особо трудный материал) всей аудитории. Ниже приводятся предлагаемые санкт-петербургскими разработчиками конкретные формы С1 и ориентировочные варианты сокращения аудиторных занятий в чистом виде с целью их замены на С1:

- изучение отдельных разделов учебных дисциплин при наличии учебника по учебнику. 1 час лекции заменяется 0.5 часа С1 и 0.5 часа С2. Формы контроля – традиционные;
- интенсификация обучения за счет применения раздаточного материала. Рекомендуется для специальных и узкоспециальных дисциплин. Вместо 1 часа лекций – 1 час С2. Объем раздаваемого материала 5–8 машинописных страниц на каждую сокращаемую лекцию. Контроль традиционный: консультации, выполнение индивидуальных заданий, экзамен;
- изучение теоретических разделов курса по учебной и научной литературе при выполнении расчетных заданий, курсовых проектов и работ,

рефератов. Формы контроля: зачет, защита курсовых. При этом 1 час С2 заменяется на 0.5 часа С1 и 0.5 часа С2;

- подготовка к лабораторным работам и оформление отчета непосредственно на рабочем месте под руководством преподавателя при наличии специальных методических указаний. 1 час С2 заменяется на 0.5 часа С1 + 0.5 часа С2;

- индивидуальное выполнение лабораторных работ, при этом вместо 1 часа лабораторных занятий планируется 0,5 часа С1 и 0,5 часа занятия в лаборатории или, оставив число часов работы в лаборатории неизменным, замена 1 часа С2 на 1 час С1;

- изучение новейшей техники по описаниям (на рабочих местах в вузе или на предприятии) с консультациями преподавателя. Из лекционного курса убирается описательная часть, при этом 1 час лекции заменяется на 1 час С1;

- аудиторное проектирование под руководством преподавателя в специализированных кабинетах, оснащенных вычислительной техникой и средствами САПР. Вместо 1 часа С2 1 час С1;

- применение ТСО и АОС для активного контроля результатов С1. Затраты труда преподавателя учитываются в разделе методической работы индивидуального плана;

- компьютеризация обучения с целью углубления знаний в данной предметной области. Для общенаучных и общеинженерных дисциплин перспективно применение пакетов прикладных программ с элементами обучения и автоматизированных учебных курсов;

- методы обучения: деловые игры, дискуссии, подготовленные студентами семинары и лекции и т.п.

Педагогический контроль

Систему контроля образуют экзамены, зачеты, устный опрос (собеседование), письменные контрольные, рефераты, коллоквиумы, семинары, курсовые, лабораторные контрольные работы, проектные работы, дневниковые записи, журналы наблюдений. Каждая из форм имеет свои особенности.

Во время устного опроса контролируются не только знания, но тренируется устная речь, развивается педагогическое общение. Письменные работы позволяют документально установить уровень знания материала, но требуют от преподавателя больших затрат времени. Умелое сочетание разных видов контроля – показатель уровня постановки учебного процесса в вузе и один из важных показателей педагогической квалификации преподавателя.

По времени педагогический контроль делится на текущий, тематический, рубежный, итоговый, заключительный.

Текущий контроль помогает дифференцировать студентов на успевающих и неуспевающих, мотивирует обучение (опрос, контрольные, задания, проверка данных самоконтроля).

Тематический контроль – это оценка результатов определенной темы или раздела программы.

Рубежный контроль – проверка учебных достижений каждого студента перед тем, как преподаватель переходит к следующей части учебного материала, усвоение которого невозможно без усвоения предыдущей части.

Итоговый контроль – экзамен по курсу. Это итог изучения пройденной дисциплины, на котором выявляется способность студента к дальнейшей учебе. Итоговым контролем может быть и оценка результатов научно-исследовательской практики.

Заключительный контроль – госэкзамены, защита дипломной работы или дипломного проекта, присвоение квалификации Государственной аттестационной комиссией.

Портфолио – приоритетная инновационная технология СРС

Среди современных личностно-ориентированных форм контроля и оценки учебных достижений, повышающих эффективность самостоятельной работы студентов, развитие исследовательских и рефлексивных навыков, давно используется за рубежом и все более востребована в России технология «Портфолио» [8–10].

В наиболее общем понимании учебное портфолио представляет собой форму представления и процесс организации (коллекция, отбор и анализ) образцов и продуктов учебно-познавательной деятельности студента, который связывает отдельные аспекты его деятельности в более полную картину. В портфолио может быть включен также анализ информационных материалов из внешних источников: студентов, специализирующихся на кафедре, однокурсников, преподавателей, – тех материалов, которые необходимы для всесторонней количественной и качественной оценки уровня обученности студента и дальнейшей коррекции процесса обучения. Основным смыслом учебного портфолио – «показать все, на что ты способен».

Отдельные авторы характеризуют учебное портфолио как:

- коллекцию работ студента, всесторонне демонстрирующую не только его учебные результаты, но и усилия, приложенные к их достижению, а также очевидный прогресс в знаниях и умениях студента по сравнению с его предыдущими результатами;
- выставку учебных достижений студента по данному предмету (или нескольким предметам) за данный период обучения (полугодие, год);
- форму целенаправленной, систематической и непрерывной оценки и самооценки учебных результатов студента;

– антологию работ студента, предполагающую его непосредственное участие в выборе работ, представляемых на оценку, а также их самоанализ и самооценку.

Многие авторы сводят конечную цель компоновки учебного портфолио к доказательству прогресса в обучении по результатам, по приложенным усилиям, по материализованным продуктам учебно-познавательной деятельности и т.д. Заведение портфолио и работа с ним вызваны необходимостью оценивать такие образовательные результаты, как: самостоятельная постановка целей, ориентация на индивидуальный прогресс, активность, организованность, умение работать в группе, креативность и т.д. Портфолио для учащегося – организатор его учебной деятельности, для преподавателя – средство обратной связи и инструмент оценочной деятельности.

Таким образом, портфолио – инструмент самооценки собственного, познавательного, творческого труда студента, рефлексии его собственной деятельности. Отличительной особенностью портфолио является его личностно-ориентированный характер: студент определяет или уточняет цель создания портфолио, собирает материал в портфолио, в основе оценивания результатов лежат самооценка и взаимооценка. В технологии «Портфолио» акцент делается на сильных сторонах студента (что он знает и умеет), студент имеет возможность увидеть свой собственный рост, так как документально отслеживается индивидуальное продвижение обучаемого в образовательном процессе за определенный период времени, а не сравнение его с другими студентами. Использование этой технологии в самостоятельной работе позволяет обучить студента умениям планировать, организовывать и корректировать свою деятельность.

Работа над портфолио носит проективный характер, многие аспекты ведения и защиты портфолио уточняются совместно со студентами по мере продвижения по материалу курса при обязательном условии выделения времени для работы над ним на каждом занятии.

Заведение портфолио и работа с ним вызваны необходимостью оценивать такие образовательные результаты, как: самостоятельная постановка целей, ориентация на индивидуальный прогресс, активность, организованность, умение работать в группе, креативность и т.д. Портфолио, как инструмент оценочной деятельности, требует изменения традиционной системы оценки знаний и умений обучаемых. Основной тенденцией становится попытка создания более полноценной системы оценки, расширения способов и форм оценки достижений студента, поиск гармоничного баланса количественной оценки и качественной (аутентичной) оценки. В отличие от традиционного формализованного тестирования, требующего от студентов умения показать свои знания в заранее жестко predetermined формате, аутентичная оценка представляет собой непрерывный процесс, дающий студенту больше чем одну возможность завершить задание успешно. В это время не только корректируется обучение студента, но студент, совместно с преподавателем,

включается в оценочную деятельность с помощью нетрадиционных стратегий и методов, в процессе учебной деятельности и межличностного взаимодействия развивает метакогнитивные умения самооценки и самокоррекции. Точность самооценки и самокоррекции стимулируется прозрачностью критериев и стандартов. В результате стимулируется более глубокое усвоение материала, развивается ощущение успеха и чувство уверенности, большее число студентов получает возможность активно участвовать в учебном процессе, поддерживается и развивается мотивация к непрерывному образованию.

Что включается в учебное портфолио?

В учебные портфолио могут быть включены следующие категории и наименования продуктов учебно-познавательной деятельности студента:

1. Работы студента:

- аудиторные самостоятельные работы;
- домашние работы;
- прикладные проекты (как индивидуальные, так и групповые);
- решения задач и упражнений из учебника, выполненных студентом самостоятельно сверх учебной программы;
- реферат по сложным вопросам данной темы;
- наглядные пособия по данной теме, настенные материалы, модели;
- копии статей из журналов и книг, прочитанных студентами по данной теме;
- работы над ошибками, выполненные в аудитории и дома;
- вопросы и задачи, составленные самим студентом по данной теме;
- оригиналы, фотографии или зарисовки моделей и объектов по данной теме, сделанные студентом или группой студентов;
- копии текстов и файлов из интернетовских сайтов, компьютерных программ и энциклопедий, прочитанных студентами по данной теме;
- графические работы, выполненные студентами по данной теме;
- описания экспериментов и лабораторных работ, выполненных студентами (как индивидуально, так и в малой группе);
- варианты работ, выполненные студентами в парах или в процессе взаимообучения;
- аудио- и видеокассеты с записью выступления студента по данной теме на конференции, семинаре и т.п.;
- работы из смежных дисциплин и практических ситуаций, в которых студент использовал свои знания и умения по данной теме;
- копии работ студента, выполненные на олимпиадах разного уровня, имеющих отношение к данной теме;
- копии электронных записок студента, которыми он обменивался со студентами в группе, преподавателем и др. при выполнении проектов и творческих заданий;
- лист целей, которых студент хотел бы достигнуть после изучения данной темы, уровень реального достижения и описание причин в случае недостижения целей;

– листы самоконтроля с описанием того, что обучающийся не понимает по данной теме, почему и в какой помощи он нуждается;

– дипломы, поощрения, награды по данному предмету.

2. Заметки преподавателя, одногруппников и др.:

– описание результатов наблюдений преподавателя за данным студентом на занятиях по спецкурсу;

– описание интервью, бесед преподавателя с учащимся;

– листы проверок преподавателя с комментариями (посещаемость, участие в работе группы, специализирующейся на кафедре, уровень и количество выполнения самостоятельных и контрольных работ);

– лист оценок и комментариев преподавателя по работам студента;

– оценка, включающая как количественные результаты, так и качественные показатели учебно-познавательной деятельности студента;

– отзывы других преподавателей и администрации факультета о данном студенте;

– отзывы одногруппников, общественных организаций и т.д.

Структура портфолио

Портфолио создается как рубрикатор и должно включать в себя теоретические основы курса и результаты индивидуальной и групповой работы студентов по конкретному разделу учебного материала. Студенты могут предлагать названия рубрик и вести любые рубрики, которые покажутся необходимыми, но всегда выделяются обязательные рубрики, по которым будет оцениваться портфолио.

Возможные рубрики портфолио:

✓ Теория курса (лекции, понятийно-терминологический словарь, связи между понятиями, выводы),

✓ Задания на лекциях: если на лекциях давались письменные задания, то они могут составить отдельную рубрику портфолио,

✓ Анализ учебных заданий, выполненных в аудитории и вне аудитории,

✓ Вопросы, оставшиеся без ответа,

✓ Письменная работа (включающая все письменные работы, выполненные по теме),

✓ Мои идеи,

✓ Идеи моих товарищей,

✓ Где и когда я могу использовать,

✓ Темы для исследования,

✓ Внутри- и межпредметные связи.

Студенты могут предлагать названия рубрик и вести любые рубрики, которые покажутся необходимыми. Важно договориться, какие рубрики будут обязательными, то есть те, вести которые необходимо всем, по которым будет оцениваться портфолио.

Поскольку портфолио используется для рефлексии собственной учебной и исследовательской работы, обсуждения результатов работы на зачете или

итоговом занятии, определения связи между предыдущим и новым знанием, обязательные рубрики могут быть такими: «Теория курса»; «Анализ групповой работы»; «Мои работы в изучаемом курсе (включая домашнюю работу)».

Каждый элемент учебного портфолио должен датироваться, чтобы можно было проследить динамику учебного процесса. Желательно, чтобы при оформлении окончательного варианта учебное портфолио включало, помимо обязательных рубрик, три обязательных элемента:

- сопроводительное письмо владельца портфолио с описанием цели, предназначения и краткого содержания портфолио;
- содержание (или оглавление) портфолио с перечислением его основных элементов;
- самоанализ и взгляд в будущее.

Это придает учебному портфолио упорядоченность. Им удобно пользоваться другим людям – потенциальным читателям портфолио (преподавателям, одноклассникам, представителям университетской администрации и т.д.).

Портфолио, являясь сборником разнообразных материалов по определенной тематике, сгруппированных по выделенным разделам (рубрикам), может вестись на бумажном или электронном носителях. Учебные портфолио на бумажном носителе внешне могут быть оформлены в виде специальных папок, картотек, небольших коробок для хранения бумаги и т.п. Здесь полный простор для инициативы преподавателя и студента. Единственное требование – удобство хранения. В случае электронного носителя собираемые материалы хранятся в электронном виде на компьютере и группируются по электронным папкам.

Электронный портфолио перед «бумажным» имеет ряд преимуществ, так как является более мобильным и гибким (в случае электронного оформления легче вносить изменения в структуру и содержание материалов); предоставляет широкие возможности для художественного оформления (для этой цели можно использовать графические пакеты, возможности программ Microsoft Office); дает многочисленные возможности для выбора средств работы с текстом и цифрами (это могут быть текстовые документы, электронные таблицы и диаграммы и др.); может быть мультимедийным, т.е. в состав электронного портфолио входят анимация, аудио- и видеоклипы, как найденные в сети Интернет, так и созданные студентами самостоятельно. Более того, электронные портфолио отдельных студентов могут быть легко объединены в группы, студенты могут обмениваться созданными портфолио или отдельными входящими в них материалами.

Итак, портфолио – сборник разнообразных материалов по определенной тематике, сгруппированных по выделенным рубрикам. Составление портфолио позволяет: упорядочить имеющуюся информацию, выразить собственное отношение к ней, использовать ее в дальнейшем для работы с коллегами, написать исследование, планировать свою деятельность. При любой структуре портфолио является важным мотивирующим фактором обучения, так как

нацеливает учащегося на демонстрацию прогресса [6].

Как оценивается учебное портфолио?

Вопрос оценки учебного портфолио достаточно сложен. Во-первых, потому что возникает проблема обязательного минимума и необязательного максимума элементов, включаемых в учебное портфолио для оценки. Во-вторых, потому что возникает проблема распределения «веса» оценки между различными элементами портфолио: какой элемент более значим в общей оценке, какой менее весом? В-третьих, потому что возникает противоречие между направленностью портфолио на качественно-количественную оценку и требованием университетских администраций все переводить в стандартную количественную отметку.

Важную роль в системе оценки учебных портфолио играют критерии, которые непосредственно отражают основные цели обучения данному предмету.

Критериями могут быть:

- развитость мышления (гибкость, рациональность, оригинальность);
- сформированность умения решать задачи;
- сформированность прикладных умений (способность решать практические проблемы, применять новые технологии для решения прикладных задач и т.д.);
- развитость коммуникативных умений (умение работать в малых группах, выступать с докладами, сформированность письменного языка, умение четко и аргументировано излагать свою мысль, грамотность в оформлении решений задач и доказательств теорем, умелое использование графиков, диаграмм, таблиц и т.д.);
- сформированность умений самоконтроля и самооценки (самокритичность, умение работать над ошибками, реалистичность в оценке своих способностей).

Для итоговой оценки учебного портфолио можно рекомендовать следующую четырехуровневую систему.

Самый высокий уровень учебного портфолио. Учебные портфолио данного уровня характеризуются всесторонностью в отражении основных категорий и критериев оценки. Содержание портфолио свидетельствует о том, что было приложено много усилий, об очевидном прогрессе студента в плане развития его мышления, умения решать задачи, прикладных и коммуникативных умений, а также о наличии высокого уровня самооценки и творческого отношения к предмету. В содержании и оформлении учебного портфолио данного уровня ярко проявляются оригинальность и изобретательность.

Высокий уровень. Портфолио данного уровня демонстрирует солидные знания и умения студента, но, в отличие от предыдущего уровня, в учебном портфолио могут отсутствовать некоторые элементы из разных категорий, а также может быть недостаточно выражена оригинальность в содержании и отсутствовать творческий элемент в оформлении портфолио.

Критерии оценки портфолио

Рубрика	Оценка	Характеристика
Комплексный критерий	Удовлетворительно	Наличие сопроводительного письма владельца портфолио с описанием цели, предназначения и краткого содержания портфолио. Наличие обязательных разделов. Содержание (оглавление) портфолио с перечислением его основных элементов. Каждый элемент портфолио должен быть датирован, чтобы проследить динамику роста знаний и формирования компетенций студента в учебном процессе. Акцент сделан на обязательные рубрики.
	Хорошо	В дополнение ко всему перечисленному выше в портфолио включены дополнительные рубрики, но не всегда явно выражена их полезность для студента. Недостаточно выражена оригинальность, творчество в оформлении портфолио.
	Отлично	Наличие дополнительных рубрик (поисковых, ситуативных, описательных), демонстрирующих полезность портфолио для студента. Портфолио позволяет оценить прирост знаний студента, развитие когнитивных компетентностей, сформированность умений (в том числе прикладных), развитость коммуникативных умений, сформированность умений самоконтроля и самооценки. Содержание портфолио свидетельствует об очевидном прогрессе учащегося в плане развития перечисленных выше умений и компетенций.
Анализ групповой работы	Удовлетворительно	Наличие групповых работ.
	Хорошо	Наглядно оформленные групповые работы с помощью графических организаторов.
	Отлично	Наличие рефлексии и самооценки по групповым работам.
Мои работы в изучаемом курсе, включая домашнюю работу	Удовлетворительно	Наличие результатов самостоятельной работы.
	Хорошо	Графически и наглядно оформленные результаты.
	Отлично	Наличие рефлексии и самооценки по самостоятельной работе в ходе изучения курса.

Средний уровень. В учебном портфолио данного уровня основной акцент сделан на ведении обязательных рубрик, по которым можно судить об уровне сформированности программных знаний и умений. Отсутствуют свидетельства, демонстрирующие уровень развития творческого мышления, прикладных умений, способности к содержательной коммуникации на языке предмета (как устном, так и письменном).

Слабый уровень. Неинформационное портфолио, по которому трудно сформировать общее представление о способностях учащегося. Как правило, в учебном портфолио данного уровня представлены отрывочные задания из разных категорий, отдельные листы с не полностью выполненными задачами и упражнениями, образцы попыток выполнения графических работ и т.д. По такому портфолио практически невозможно определить прогресс в обучении и

уровень сформированности качеств, отражающих основные цели курса и критерии оценки.

В таблице 2 приведены возможные критерии оценки портфолио.

Глава 2

Организация обучения в преподавании дисциплины «Избранные главы химии твердого тела»

Дисциплина «Избранные главы химии твердого тела (Изоморфизм. Твердые растворы. Морфотропия. Полиморфизм)» изучается один семестр бакалаврами и магистрами химического факультета ННГУ. В ней излагаются темы, которые не получили детального рассмотрения или вообще остались за рамками такого рассмотрения в предшествующих курсах, а также ряд тем, содержащих изложение дополнительных аналитических подходов и приемов:

- ✓ сущность изоморфизма. История открытия и изучения;
- ✓ кристаллографический (рентгеноструктурный) период изучения изоморфизма;
- ✓ типы твердых растворов замещения;
- ✓ экспериментальные методы изучения твердых растворов;
- ✓ физико-химические и кристаллохимические основы явления изоморфизма;
- ✓ факторы изоморфной взаимозаместимости атомов в кристаллах твердых растворов;
- ✓ основы количественной теории твердых растворов замещения;
- ✓ морфотропия, условия стабильности существования кристаллической структуры ионных и ковалентных кристаллов;
- ✓ полиморфизм, его типы. Фазовые переходы и полиморфизм. Координационные правила полиморфизма;
- ✓ соотношение между основными категориями теоретической кристаллохимии: морфотропией, полиморфизмом, изоморфизмом.

Основная учебная задача курса состоит в расширении и углублении знаний и умений студентов в области основных категорий кристаллохимии – изоморфизма, морфотропии и полиморфизма, включая решение задачи количественного предсказания областей смесимости и распада твердых растворов. На этой основе объяснить физические свойства кристаллических тел, предсказать поведение данного твердого тела при изменении внешних условий (температуры, давления) и химического состава среды, а также показать, что образование твердых растворов является основной разработкой и создания материалов современной техники.

В результате изучения курса студент должен знать: классификацию и физико-химические основы изоморфизма, морфотропии, полиморфизма; кристаллохимическую трактовку классических правил изоморфизма; правила и законы, определяющие условия стабильности существования кристаллической

структуры (или ее фрагментов) ионных и ковалентных кристаллов. Уметь выявить связь между химическим составом, атомной структурой и физическими свойствами твердых тел, включая твердые растворы; понимать, что образование твердых растворов является основой разработки и создания материалов современной техники со специальными и практически важными функциями. В результате освоения дисциплины обучающиеся должны владеть алгоритмами использования кристаллохимических данных для аргументированного доказательства своей позиции при направленном дизайне твердых растворов с улучшенными свойствами.

Руководствуясь дидактическими рекомендациями и поставленными целями – формирование общекультурных и профессиональных компетенций в курсе «Избранные главы химии твердого тела (Изоморфизм. Твердые растворы. Морфотропия. Полиморфизм)», мы трансформировали лекционный материал из традиционной лекционной формы в активную форму преподавания, стимулирующую познавательную деятельность обучающихся (рис. 1). Основой для выстраивания занятий в активной форме послужила технология развития критического мышления, которая интегрируя элементы проблемного, проектного, дискуссионного обучения, позволяет достигать максимальной эффективности в достижении проектируемых компетенций [11]. Занятия разрабатывались с использованием различных приемов и стратегий технологии с учетом особенностей изучаемого материала и преследуемых целей. При выстраивании занятий в активных методах акцент в учебном процессе смещается в сторону совместных обсуждений и деятельности по выполнению групповых проектов, способствуя восприимчивости слушателя к критическому мышлению и разумному риску, креативности и предприимчивости, работе самостоятельно и в команде.



Рис. 1. Внешний вид обложки книги В.И. Петькова, Е.Ю. Грудзинской «Активные методы в преподавании дисциплины «Изоморфизм. Твердые растворы». Курс лекций и описание занятий», выпущенной издательством LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Saarbrücken, Deutschland в 2014 г.

Такой характер работы позволяет развивать и формировать *общекультурные компетенции*:

- логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь;

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического экспериментального исследования;
- уметь работать с компьютером на уровне пользователя и применять навыки работы с компьютером в области познавательной и профессиональной деятельности, обладать способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- уметь работать в коллективе, сотрудничать с коллегами, адаптироваться к различным рабочим ситуациям;
- критически оценивать накопленный опыт и анализировать свои возможности.

профессиональные компетенции:

- понимать сущность, основные перспективы и проблемы, определяющие область деятельности с тематикой спецдисциплины;
- владеть основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической химии, химической технологии);
- способностью применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;
- владеть навыками химического эксперимента, основными синтетическими аналитическими методами получения исследования химических веществ (твердых растворов) и реакций;
- иметь опыт работы на серийной аппаратуре, применяемой в аналитических и физико-химических исследованиях;
- владеть методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов.

В преподавании курса вместо репродуктивных методов используются методы проблемные, чтение лекций (34 часа) заменено самостоятельным освоением студентами учебного материала и его обсуждением под руководством преподавателя [11, 12]. Групповая работа сочетается с индивидуальной и фронтальной формами. Наличие печатного (бумажного) варианта информационных материалов, предоставляемых студентам в аудитории, и электронного варианта лекций и заданий, предоставляемых студентам за пределы аудитории (по электронной почте), оптимизирует аудиторное время. Использование общения со студентами по электронной почте и Интернета предоставляет студентам возможность работать с материалами самостоятельно, в удобное им время и с необходимым количеством подходов.

Для обеспечения возможности формирования индивидуального образовательного опыта студента, продвигающегося по собственной образовательной траектории, обучаемые вовлечены в процесс работы над портфолио. Ведение портфолио на протяжении всего курса создает условия для

организации самостоятельной работы студентов, позволяет им целостно и системно отразить имеющуюся информацию, выразить собственное отношение к ней, а также дает необходимый материал преподавателю для оценивания деятельности каждого студента по освоению изучаемого материала, его прогресса, организованности, умения работать самостоятельно и в группе. Осуществляется текущий и итоговый контроль усвоения курса. Текущий контроль осуществляется по итогам презентаций групповых проектов на каждом занятии, проводится промежуточная контрольная работа. Итоговый контроль заключается в презентациях портфолио и сдаче экзамена.

В качестве примеров приведем описание нескольких занятий курса.

Занятие 1 (4 часа) Сущность изоморфизма История открытия и изучения

Цели занятия:

- определение предмета изучения, актуальности и задач курса;
- знакомство с историей открытия и изучения изоморфизма;
- выявление особенностей и связи между понятиями: изоморфизм, твердый раствор, изовалентный изоморфизм, гетеровалентный изоморфизм, изодиморфизм, полиморфизм, изотипия.

Запуск портфолио.

Необходимые пояснения

Ко времени изучения данного курса студенты освоили основы неорганической, органической и физической химии, кристаллохимии, физических методов исследования, имеют представление о твердых растворах замещения и внедрения, диаграммах состояния двойных и тройных систем. В результате вводной беседы с преподавателем должны определить область изучаемого материала.

В течение всего курса студенты будут работать индивидуально, в парах и в группах. Поэтому перед каждым занятием осуществляется необходимая рассадка.

Вызов к курсу

Обсуждение со студентами вопросов:

– **Какова цель работы химика?** Типичный ответ студентов: *получение материалов с требуемыми свойствами.*

– **Если это получение аморфных и кристаллических материалов с заранее заданными свойствами, то какие желательные свойства для какой-либо конкретной ситуации Вы можете назвать?** Чаще всего студенты называют следующие свойства – *электрические, механические, оптические, магнитные, теплофизические (теплоемкость, тепловое расширение,*

теплопроводность), каталитические, химическую, термическую, радиационную устойчивость и т.д.).

– **Как можно прогнозировать свойства?** С использованием теоретических расчетов (квантовохимический подход, полуэмпирические методы структурного моделирования) или проведения эксперимента (предварительно изучая модельные объекты).

– **Можем ли мы сказать, что свойства определяются структурой кристалла?** Да, свойства твердофазных материалов в отличие от свойств газов и жидкостей определяются не только химическим составом, но и особенностями структуры, обусловленными способом получения.

– **Какие факторы определяют атомную структуру кристаллов?** Численность атомов, их размер, межатомные взаимодействия (тип химической связи и величины их поляризации, энергия взаимодействия атомов, их групп, молекул).

Осмысление

Сообщение преподавателя

Изоморфизм – равномерность, от греч. isos – равный, одинаковый, подобный и morphé – форма, вид.

Под изоморфизмом традиционно понимали наличие у кристаллов разных химических соединений близкой по форме внешней огранки при почти равных углах между гранями с одинаковыми кристаллографическими индексами.

В настоящее время изоморфизм определяют как явление нахождения разноразных атомов, молекул, ионов или их комплексных группировок в сходных позициях кристаллической структуры фазы переменного состава.

Проиллюстрируем это явление на примере системы медь – золото. Эти металлы обладают схожими химическими свойствами, кристаллизуются в одном структурном типе меди (параметры кубической элементарной ячейки составляют соответственно $a_{\text{Cu}} = 3.615 \text{ \AA}$, $a_{\text{Au}} = 4.078 \text{ \AA}$) и их атомные радиусы не сильно отличаются друг от друга ($r_{\text{Cu}} = 1.28 \text{ \AA}$, $r_{\text{Au}} = 1.44 \text{ \AA}$). Структура кристаллов золота, к которым добавляют некоторое количество меди, в целом не меняется. Атомы золота образуют трехслойную плотнейшую упаковку, однако часть их статистически заменена атомами меди. По мере увеличения количества меди параметр элементарной ячейки такого кристалла уменьшается и стремится к соответствующему значению для чистого кристалла меди.

Однородные (гомогенные) кристаллические фазы переменного состава называются твердыми растворами (или смешанными кристаллами). Сплавы меди и золота образуют непрерывную область твердых растворов замещения. Такой твердый раствор будет описываться формулой $\text{Au}_{1-x}\text{Cu}_x$ с $0 < x < 1$.

Следовательно, термин «изоморфизм» фактически используется для обозначения двух близких, но не полностью тождественных понятий. Первое из них – близость структуры и формы кристаллов различного (но родственного) химического состава и вторая – явление взаимозамещения атомов или иных структурных единиц в кристаллических фазах переменного состава.

Образование твердых растворов служит мощным физико-химическим и технологическим средством воздействия на многие полезные для практики свойства материалов. Изменяя постепенно химический состав твердых растворов, можно целенаправленно регулировать свойства материалов.

Вопрос:

– **Какие дисциплины тесно связаны с темой нашего курса?** (*Студенты называют различные разделы химии, но чаще всего не называют химию твердого тела.* Курс «Избранные главы химии твердого тела» изучается студентами, специализирующимся на кафедре химии твердого тела).

Химия твердого тела (химия твердого состояния) – раздел физической химии, изучающий строение, свойства и методы получения твердых веществ. Химия твердого тела связана с физикой твердого тела, кристаллографией, минералогией, физико-химической механикой, механохимией, радиационной химией, является основой технологии неорганических, полимерных и композиционных материалов. Основные задачи химии твердого тела: установление взаимосвязи между структурой твердых тел и их свойствами, обоснование путей создания материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, разработка теории строения и реакционной способности твердых тел.

Таким образом, явление изоморфизма, широко распространенное среди природных минералов и искусственно получаемых химических соединений, тесно связано со многими областями химии и физики, минералогией, геохимией, материаловедением, химической технологией; оно служит средством воздействия на многие полезные для практики свойства материалов и является основой разработки и создания многих материалов современной техники.

Рефлексия

Задание по итогам беседы

Продолжите фразу (индивидуально): «По моему мнению, в данном курсе мы будем изучать...». Зафиксируйте. Обсудите в группе, зафиксируйте вашу общую формулировку, затем поделитесь своим выводом от группы в аудитории.

Вызов 1

В этой части занятия мы приступаем к изучению истоков явления изоморфизма.

Задание

Вам в группы предлагается 6 утверждений. У каждого поставьте значок: «+» – согласен, «-» – не согласен, «?» – сомневаюсь.

1. Одной из главных причин изоморфизма является сходство атомных структур изоморфных кристаллов.

2. Разносортные молекулы, комплексные группировки могут отличаться химическим составом или взаимным расположением атомов (изомеры, таутомеры).

3. Изоморфизм кристаллов во многих случаях связан с возможностью образования между изоморфными веществами кристаллов переменного состава (твердых растворов), состав которых в определенных пределах меняется непрерывно и постепенно.

4. У каждого кристалла существует своя, свойственная лишь ему, определенная кристаллическая решетка.

5. Возможность появления смешанных кристаллов – обязательный критерий изоморфизма.

6. Сульфиды ZnS и HgS изоструктурны и изоморфны, так как возможно образование смешанных кристаллов (твердого раствора замещения) $Zn_xHg_{1-x}S$ с различным соотношением цинка и ртути.

На доске фиксируем ответы групп:

Группа/Утверждение	1	2	3	4	5	6
1	+	?	?	?	+	+
2	-	+	+	-	+	-
3	?	-	-	-	+	?

Осмысление 1

Чтение 1 части лекции: текст лекции приведен в материалах для студента после описания занятия.

Рефлексия 1.

Возвращение к таблице, обсуждение.

Вызов 2

В группу выдаем набор вопросов. Обсуждаем, на какие вопросы студенты уже могут ответить, а на какие – пока нет. Слушаем выборочно ответы на вопросы.

1. Что понимают под изоморфизмом?
2. Дайте определение твердого раствора.
3. Запишите формулы твердых растворов.
4. Охарактеризуйте изовалентный и гетеровалентный изоморфизм.
5. Сформулируйте правило Ретгерса.
6. Раскройте смысл понятий: изоморфизм, изодиморфизм, полиморфизм, изотипия.

Осмысление 2

Чтение 2 части лекции: текст лекции приведен в материалах для студента после описания занятия.

Вариант 1. Материал 2 части лекции делим на части – по числу студентов в малой группе. Каждый студент получает одну часть, все читают материал, знакомят друг друга со своей частью лекции. Вместе в группе отвечают на оставшиеся без ответа вопросы.

Вариант 2. Выдаем каждому студенту 2-ю часть лекции, студенты обсуждают материал после прочтения, вместе в группе отвечают на оставшиеся без ответа вопросы.

Рефлексия 2

- 1) Обсуждаем ответы на вопросы.
- 2) Используя материал лекции, восстановите правильную логическую цепочку.

В группу выдается перепутанная логическая цепочка:

1. **Н.С. Курнаков** и **С.Ф. Жемчужный** с помощью физико-химического анализа изучили область распада твердых растворов в системе NaCl–KCl и положили начало учению об устойчивости изоморфных смесей.

2. Немецкий кристаллограф **И. Гессель** предложил догадку о том, что известный тогда полевой шпат лабрадор $(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8$ представляет собой изоморфную смесь двух полевых шпатов $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (альбит) и $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (анортит).

3. Французский профессор минералогии и кристаллографии **Р. Ж. Гаюи** в развитой им теории структуры кристаллов указал на наличие для каждого кристаллического вещества своей, свойственной лишь ему определенной кристаллической формы (огранки).

4. Голландец **И.В. Ретгерс** устанавливает правило, носящее его имя, согласно которому удельный вес или удельный объем изоморфной смеси (твердого раствора) является аддитивной функцией объемов (удельных весов) тех исходных компонентов, из которых она образована:

$$V = x_1V_1 + x_2V_2,$$

где V , V_1 , V_2 – мольные объемы изоморфной смеси и чистых компонентов, соответственно; x_1 , x_2 – мольные доли чистых компонентов.

5. Представления о гетеровалентном изоморфизме сформировались в трудах австрийского минералога **Г. Чермака**, который объяснил сложный элементный состав ряда пороодообразующих минералов взаимными замещениями не отдельных атомов, а атомных пар ($\text{NaSi}-\text{CaAl}$, $\text{MgSi}-\text{AlAl}$ и т.д.).

6. Немецкий химик и кристаллограф, профессор Берлинского университета **Эйльгард Мичерлих** на заседании Берлинской академии наук сделал первое сообщение об открытии им явления изоморфизма. Мичерлих пришел к выводу: те тела изоморфны, которые: 1) при аналогичном химическом составе (по соотношению компонентов) имеют подобную кристаллическую форму (внешнюю огранку кристаллов) и 2) способны образовывать смешанные кристаллы такой же формы в произвольных, непостоянных соотношениях.

7. Значительный вклад в историю изучения изоморфизма внесла магистерская диссертация **Д.И. Менделеева** «Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к ее составу». В ней дается критический обзор всей предыдущей литературы по изоморфизму и оценка значения открытий изоморфизма и полиморфизма.

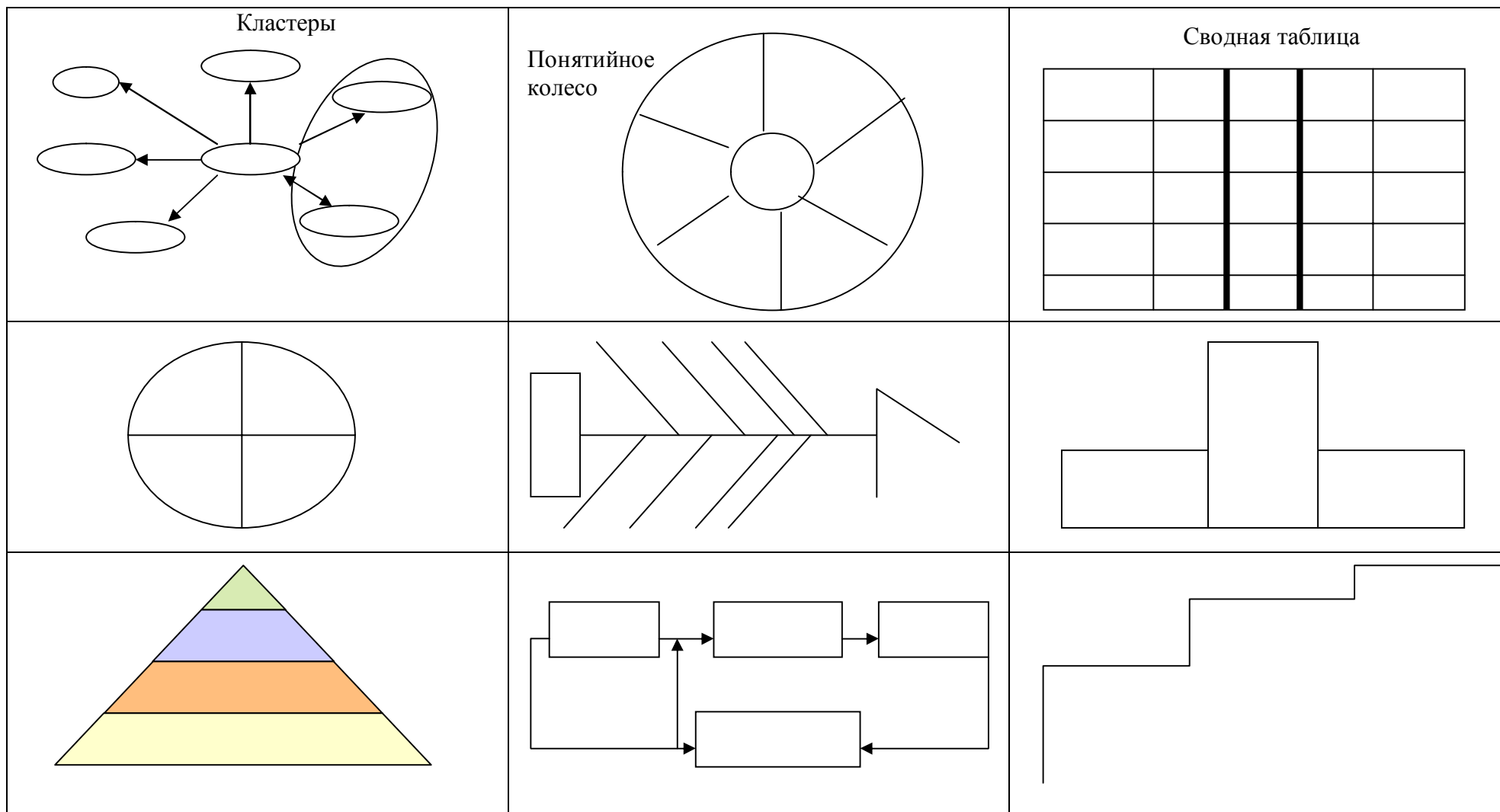


Рис. 2. Варианты графических форм.

8. Немецкий кристаллограф **Пауль Грот** указал на то, что объем, занимаемый атомами, есть главное свойство, допускающее или запрещающее взаимное замещение. Историческое значение имеют 18 изоморфных рядов **В.И. Вернадского**.

9. **Вант-Гофф** вводит представление о твердых растворах. По Вант-Гоффу изоморфная смесь двух тел А и В представляет «твердый раствор» тела А в теле В, совершенно также, как жидкость, из которой они выкристаллизовываются, является раствором тела А в растворе вещества В.

10. **В. Розебом** и **В. Нернст** создали учение о фазовых равновесиях.

3) Проверяем правильность ответов.

Перепутанная логическая цепочка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильная логическая цепочка										

4) Выполните задание (в группе).

Установите связи между понятиями: кристаллическая структура, изоморфизм, твердый раствор, изовалентный изоморфизм, гетеровалентный изоморфизм, изодиморфизм, полиморфизм, изотипия. Для оформления вы можете воспользоваться одним из графических организаторов (студентам выдается рисунок (рис. 2) с вариантами графических форм) или придумать свой, наиболее адекватно отражающий ваши представления по теме.

5) Презентация графических организаторов у доски. Вариант ответа, представленный одной из групп студентов, приведен на рис. 3.



Рис. 3. Связи между понятиями.

Запуск портфолио

Необходимые пояснения

Для обеспечения возможности формирования индивидуального образовательного опыта студента, продвигающегося по собственной образовательной траектории, обучаемые вовлечены в процесс работы над портфолио. Ведение портфолио на протяжении всего курса создает условия для организации самостоятельной работы студентов, позволяет им целостно и системно отразить имеющуюся информацию, выразить собственное отношение к ней, а также дает необходимый материал преподавателю для оценивания деятельности каждого студента по освоению изучаемого материала, его прогресса, организованности, умения работать самостоятельно и в группе.

Работа с портфолио известна и описана в дидактике как средней, так и высшей школы [7], однако опыт ведения занятий на курсах повышения квалификации профессорско-преподавательского состава вузов и преподавателей среднего профессионального образования показывает, что в реальной практике эта форма работы используется крайне редко. В то же время процесс ведения портфолио имеет большой потенциал для развития навыков самостоятельной работы студентов, для развития исследовательских и рефлексивных навыков, что становится особенно актуальным в свете компетентностного подхода, заявленного в ФГОС 3-го поколения.

Цель запуска портфолио – создание условий для самостоятельной работы студентов над содержанием спецкурса; анализа и глубокой проработки студентами отдельных аспектов изучаемого курса.

Портфолио должно включать в себя теоретическую основу курса и результаты индивидуальной и групповой работы студентов по конкретному разделу учебного материала, оформленные всеми необходимыми способами (графические организаторы: кластеры, схемы, таблицы, графики, диаграммы; рисунки; письменные работы и др.).

Сообщение преподавателя

На занятиях используются активные методы обучения. Мы будем работать в парах и группах, обсуждать и прорабатывать материалы лекций в совместной работе в аудитории и во внеаудиторной работе. Сбор и систематизация содержания курса будет осуществляться в портфолио. Эта форма работы новая для вас, вы будете вести так называемый *тематический портфолио*. В паре прочитайте информацию о портфолио, затем мы обсудим особенности данного вида работы.

Чтение материала о портфолио. Можно предложить для чтения текст «Портфолио – приоритетная инновационная технология СРС», приведенный в данном учебно-методическом пособии, или использовать материал, представленный в методическом пособии В.И. Петькова и Е.В. Куликовой «Создание электронного портфолио в качестве инструмента отслеживания формируемых компетенций в обучающих курсах (направление подготовки «Химия»)» [10].

Обсуждение вопросов:

– Каковы цели работы с портфолио? *Сбор и систематизация материала спецкурса, отслеживание прироста знаний по предмету.*

– Что вы будете собирать в портфолио? *Все материалы спецкурса.*

– А какие конкретно материалы?

Важно:

Студенты должны понять, что портфолио – это не просто бумажная или электронная версия содержания лекций, которые доступны им в электронном виде, а прежде всего материалы, демонстрирующие их самостоятельную работу над содержанием курса.

Вы уже знаете, что в портфолио могут входить:

задания, выполненные в аудитории в ходе освоения лекционного материала; домашние работы; результаты проверочных и контрольных работ; тестов; результаты групповой работы, в том числе черновики и схемы; алгоритмы решения учебных задач; проекты; письменные и творческие работы, краткие записи, связанные с ходом выполнения письменных работ; «график-органайзеры»: схемы, таблицы, графики, диаграммы; вопросы, возникающие в ходе работы; листы наблюдений; рефлексия общих особенностей своего учения; краткие записи докладов, выступлений, ответов на вопросы по теме.

Структура портфолио

Мы будем вести электронный портфолио. Хранение собираемых в него материалов осуществляется в электронном виде, то есть материалы собираются на компьютере и группируются по электронным папкам. В структуре электронного портфолио крупные блоки материалов называются *разделами*, внутри которых выделяют *рубрики*.

Академической группе предлагается список разделов и критериев оценки учебного портфолио, что обеспечивает прозрачность оценивания достижений студента при изучении курса. Общепринятая и чаще всего используемая структура электронного портфолио включает *разделы*: «Автопортрет», «Информационные ресурсы», «Рабочие материалы», «Мои достижения», внутри которых выделяют *рубрики* [13].

Обязательные разделы:

Вы можете дополнять список и вести любые рубрики, которые покажутся вам необходимыми, но обязательные разделы необходимо вести всем.

В разделе «Автопортрет» автор портфолио имеет возможность представить себя любым доступным для этого способом – создать эссе, синквэйн, фотовыставку, самопрезентацию (в программе Power Point), персональную web-страницу, электронное резюме. В этом разделе могут быть рубрики: «Зачем я стал студентом-химиком», «Мой опыт общения с компьютером как средством обучения», «Мои ожидания от изучения дисциплины» и др.

«Информационные ресурсы» представляют собой раздел, содержащий любую информацию, которую студент собирает (а не создает сам) в соответствии с темой портфолио. Важные компоненты этого раздела:

словарные и энциклопедические статьи; материалы периодических изданий; информационные материалы, полученные от преподавателя; любой иллюстративный материал; материалы, найденные студентами в Интернете, электронных энциклопедиях и учебных пособиях, в том числе аудио и видео материалы. В этом разделе могут быть рубрики: понятийно-терминологический словарь; нормативные документы; законы, принципы, правила (теоретические основы рассматриваемого материала); Интернет – копилка учебных материалов и др.

В разделе «Рабочие материалы» содержится информация, которую автор портфолио использовал в процессе подготовки и выполнения тех или иных заданий: графические материалы, тексты сообщений и докладов; творческие работы; выполненные контрольные и самостоятельные работы; материалы по проектной деятельности учащегося и т.д. В разделе могут быть рубрики: «Мои разработки», «Интересные разработки партнеров по группе».

Раздел «Мои достижения» является заключительным и содержит работы, которые, по мнению автора портфолио, демонстрирует его успехи в учебе. Это могут быть удачно выполненные контрольные, отзывы преподавателей и однокурсников, рисунки, сертификаты и т.д. Обязательным требованием является наличие рефлексивного комментария к каждому материалу этого раздела, в котором студент поясняет, почему он считает данную работу своим достижением. В разделе могут быть рубрики: «Мои открытия» (т.е. информация, которая удивила, закономерности, которые установил самостоятельно), «Мои самые удачные разработки», «Материалы для выступлений и статей», «Стимулы успеха» (что в ходе работы помогало достижению целей).

Примеры из разделов и рубрик электронных портфолио студентов, изучивших дисциплину «Избранные главы химии твердого тела», представлены в методическом пособии [10], интересная презентация автором портфолио раздела «Автопортрет» приведена в Приложении данного пособия.

Каждый элемент учебного портфолио должен датироваться, чтобы можно было проследить динамику учебного процесса. Желательно, чтобы при оформлении окончательного варианта учебного портфолио включало в себя три обязательных элемента:

- сопроводительное письмо владельца портфолио с описанием цели, предназначения и краткого содержания портфолио;
- содержание (или оглавление) портфолио с перечислением его основных элементов;
- самоанализ и взгляд в будущее.

Это придает учебному портфолио упорядоченность. Им удобно пользоваться другим людям – потенциальным читателям портфолио.

Портфолио мы будем использовать для:

- рефлексии собственной учебной и исследовательской работы;
- обсуждения результатов работы на зачете или итоговом занятии;
- определения связи между предыдущим и новым знанием.

Существуют различные варианты оценивания портфолио:

- оценка по заданным критериям только отдельных частей портфолио (например, оцениваются обязательные рубрики);
- оцениваются все рубрики, общая оценка выводится как среднее арифметическое;
- оценивается окончательный вариант портфолио по заранее определенным критериям;
- оценивается не только само портфолио, но и качество его презентации;
- портфолио не оценивается, а студент выбирает отдельные его части для презентации на итоговом занятии, что является допуском к зачету или экзамену.

Мы будем вести портфолио весь период работы над курсом и перед зачетом определимся, какой вариант оценки портфолио для нас будет наиболее целесообразным. Каждому из вас предлагается проект критериев оценки портфолио (таблица 2) и характеристики отличного, хорошего и удовлетворительного портфолио, которые будут уточняться по мере продвижения по учебному материалу и окончательно согласовываться перед зачетом.

Важно:

Необходимо определить критерии оценки портфолио. Как правило, они определяются совместно со студентами, но могут быть предложены только преподавателем. Набор критериев зависит от особенностей учебного предмета, целей его освоения, условий обучения и т.д. но, в любом случае, рекомендуется в качестве критериев рассматривать: наличие обязательных разделов и выводов; анализ полезности портфолио для самого студента; использование исследовательских методов работы; «личностную привязку» содержания; качество оформления. Когда критерии оценки портфолио выбраны, необходимо определить вместе со студентами показатели отличной, хорошей и удовлетворительной оценки по каждому из выбранных критериев.

Студентам совместно с преподавателем необходимо согласовать критерии итоговой оценки учебного портфолио, предложенные преподавателем.

Задание на дом

1. Необходимо завести портфолио, начать вести разделы и рубрики.
2. Выполнить задание, поместить в соответствующий раздел: напишите, какие замещения происходят при образовании смешанных кристаллов $\text{FeCO}_3 - \text{ScVO}_3$?
3. С помощью каких методов исследования Э. Мичерлих и Ф.С. Бедан доказали, что ими получены смешанные кристаллы.
4. Изучить материалы лекций 2 и 3. Разместить в соответствующем разделе.

Материалы для студентов

Лекция 1

(часть 1)

Истоки основных идей (18 век – 1920 г.)

Группы кристаллических веществ, обладающих внешним сходством, очень давно обратили на себя внимание. Появились попытки связать это сходство с их химическим составом (18 век).

Французский профессор минералогии и кристаллографии **Рене Жюст Гаюи** (1743–1822) в развитой им теории структуры кристаллов указал на наличие для каждого кристаллического вещества своей, свойственной лишь ему определенной кристаллической формы (огранки). Однако он вынужден был заметить, что «некоторые минералы различных видов имеют одинаковые кристаллические формы» (*полемиическая статья «Ответ г-на Гаюи на возражения г-на Бертолле»*, 1811), т.е. уже тогда были известны отдельные случаи изоморфизма и полиморфизма.

9 декабря (по старому стилю) 1819 г. немецкий химик и кристаллограф, профессор Берлинского университета **Эйльгард Мичерлих** (1794–1863) на заседании Берлинской академии наук сделал первое сообщение об открытии им явления изоморфизма.

Кристаллизуя из водного раствора кислые соли фосфорной и мышьяковой кислот (KH_2PO_4 , KH_2AsO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), он обнаружил, что различные по составу вещества, построенные, правда, из одинакового числа атомов (проявляющие сходство при химических реакциях) дают кристаллы почти одинаковой формы. То есть такие кристаллы *равноформульны* и *равноформенны*. Мичерлих назвал такие кристаллы изоморфными, то есть тождественными, а само явление соответствия одинаковой формы кристаллов и аналогичности стехиометрии их состава – изоморфизмом.

Еще более важным оказалось открытие им вслед за французским ученым **Франсуа-Сюльписом Бёданом** (1818) образования смешанных кристаллов такими изоморфными веществами.

Например, при сокристаллизации из водного раствора сульфатов Zn и Fe в осадке образуются гомогенные кристаллические фазы промежуточного (между чистыми компонентами) состава.

Мичерлих стремился объяснить явление изоморфизма с помощью атомистической теории. Он считал, что в некоторых случаях определенное число атомов одного элемента может быть заменено тем же числом атомов другого элемента без изменения кристаллической формы. Первопричину такого явления Мичерлих предполагал в сходстве форм атомов, замещающих друг друга.

В 1819 г. Мичерлих пришел к выводу: те тела изоморфны, которые:

- 1) при аналогичном химическом составе (по соотношению компонентов) имеют подобную кристаллическую форму (внешнюю огранку кристаллов) и
- 2) способны образовывать смешанные кристаллы такой же формы в произвольных, непостоянных соотношениях.

Мичерлих имел дело только с изовалентным изоморфизмом типа
 $K^+ - NH_4^+, Ba^{2+} - Sr^{2+}, Fe^{2+} - Co^{2+}$

Если замещающие друг друга атомы имеют одинаковую степень окисления, такой изоморфизм называют **изовалентным**.

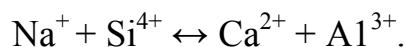
Уже через несколько лет (1826) немецкий кристаллограф **Иоганн Фридрих Христиан Гессель** предложил догадку о том, что известный тогда полевой шпат лабрадор



представляет собой изоморфную смесь двух полевых шпатов



Эта догадка могла бы привести к обнаружению гетеровалентного изоморфизма, при котором компенсация формальных зарядов (степеней окисления) происходит за счет двойного замещения Na^+ на Ca^{2+} и одновременно Si^{4+} на Al^{3+} :



Однако эта работа была забыта и обнаружена через несколько десятилетий историками.

Если замещающие друг друга ионы имеют разную степень окисления, имеет место **гетеровалентный** изоморфизм.

Между альбитом и анортитом возможна совершенная изоморфная смешиваемость гетеровалентного типа.

Если два вещества дают изоморфные смеси любых концентраций (непрерывный ряд твердых растворов), изоморфизм называется **совершенным**. В противном случае говорят о **несовершенном (ограниченном)** изоморфизме.

Окончательно представления о гетеровалентном изоморфизме сформировались в трудах австрийского минералога **Густава Чермака фон Зейзенегг**, который в 1865–1871 г.г. объяснил сложный элементный состав ряда порообразующих минералов взаимными замещениями не отдельных атомов, а атомных пар ($NaSi \leftrightarrow CaAl$, $MgSi \leftrightarrow AlAl$ и т.д.).

Значительный вклад в историю изучения изоморфизма внесла магистерская диссертация **Дмитрия Ивановича Менделеева** (1834–1907) «Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к ее составу», опубликованная в 1856 г. В ней дается критический обзор всей предыдущей литературы по изоморфизму и оценка значения открытий изоморфизма и *полиморфизма*.

Полиморфизмом называется существование различных кристаллических структур одного и того же вещества при разных термодинамических условиях.

Явление полиморфизма (“многоформенности”) открыто Мичерлихом (1821) и получило широкое обобщение в (надолго впоследствии забытых) трудах немецкого кристаллографа **Морица Людвиг Франкенгейма** (1801–1869). В его монографии “Учение о сцеплении” (1835) он пишет, что полиморфизм есть чрезвычайно распространенное свойство тел.

Менделеев рассматривал изоморфизм как одну из важнейших и объективных мер сходства химических элементов. Он пишет: «...изоморфизм

стал сходством форм по причине одинаковости атомного строения и одинаковости объёма атомных атмосфер» разных элементов в кристалле.

И сам Мичерлих и Менделеев представляли себе явление изоморфизма на атомном уровне как явление замещения одних атомов другими в кристаллах простых тел и соединений при образовании ими смешанных кристаллов. В те далёкие времена, когда существование атомов ещё не было строго доказано прямыми методами, когда ещё не было Федоровского учения о внутренней структуре кристаллов, рассмотрение природы изоморфизма как атомного учения было проявлением гениальной интуиции передовых учёных, которая, как известно, полностью подтвердилась последующими экспериментальными исследованиями кристаллов.

Лекция 1

(часть 2)

Вторая половина 19 века ознаменована интенсивным изучением зависимости физических свойств изоморфной смеси от ее состава.

В 1889–1890 г. голландец **Жан Виллем Ретгерс** устанавливает правило, носящее его имя, согласно которому удельный вес или удельный объем изоморфной смеси (твердого раствора) является аддитивной функцией объемов (удельных весов) тех исходных компонентов, из которых она образована:

$$V = X_1V_1 + X_2V_2$$

где V , V_1 , V_2 – мольные объемы изоморфной смеси и чистых компонентов, соответственно; X_1 , X_2 – мольные доли чистых компонентов.

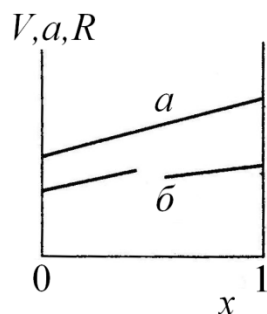


Рис. 1.1. Иллюстрация к правилам Ретгерса и Вегарда: a – изоморфизм; b – изодиморфизм.

Ретгерс пришел к следующему общему положению: два вещества только тогда действительно изоморфны, когда физические свойства (например, электропроводность, магнитные свойства, твердость) их смешанных кристаллов являются непрерывными (обычно линейными) функциями их химического состава.

Случаи, когда вместо непрерывной зависимости удельного объема от состава наблюдаются два отрезка, примыкающих к чистым компонентам и смещенных друг относительно друга (рис.), Ретгерс назвал **изодиморфизмом**. Очевидно, здесь образуется не один, а два ряда смешанных кристаллов, каждый со своей кристаллической формой. Изодиморфизм возникает, когда чистые компоненты обладают разной кристаллической структурой.

Немецкий кристаллограф **Пауль Грот** в 90-х годах 19 века указал на то, что объем, занимаемый атомами, есть главное свойство, допускающее или

запрещающее взаимное замещение. Он приводил такое сравнение: при постройке здания можно заменить кирпичи камнями совсем других физических и химических свойств, но только при условии, что по форме и величине эти камни будут сравнимы с основными кирпичами.

Границы справедливости этого в целом верного замечания в те же годы были обнаружены **Фридрихом Ринне**, который ввел понятие **изотипии** – совпадения объема и формы кристалла при отсутствии изоморфных замещений (гекс. ZnO и Mg, кубич. KCl и PbS).

Как мы помним, Мичерлих связывал образование смешанных кристаллов с равномерностью чистых компонентов. Но к концу 19 века стало ясно, что, во-первых, равномерность не обязательна для возникновения смесимости (изоморфизма) и, во-вторых, иногда кристаллы, обладающие одинаковыми кристаллическими формами, не образуют изоморфных смесей.

Во второй половине 19 века многими учеными предприняты попытки объединить те химические элементы, которые чаще других образуют друг с другом изоморфные смеси, в группы или ряды. Томас Грэм и Фридрих Юлиус Отто, по-видимому, впервые в 1847 г. собрали химические элементы, преимущественно изовалентные, в 11 групп по признаку их изоморфизма в простых телах и соединениях. Менделеев подверг критическому пересмотру таблицу Грэма, собрав вместе более сходные элементы.

Историческое значение имеют 18 изоморфных рядов **Владимира Ивановича Вернадского** (1863–1945). В 1910 г. он выступил с речью “О парагенезисе* химических элементов”, в которой дает свои ряды изоморфных элементов и выдвигает идею о динамическом поведении изоморфных рядов, то есть о подвижности границ внутри ряда в зависимости от термодинамических условий. Он едва ли не впервые обратил внимание на важность изучения явлений распада изоморфных смесей, несомненно, под влиянием успехов физической химии в изучении кристаллического состояния.

Якоб Хендрик Вант-Гофф в 1890 г. вводит представление о твердых растворах. По Вант-Гоффу изоморфная смесь двух тел *A* и *B* представляет «твердый раствор» тела *A* в теле *B*, совершенно также, как жидкость, из которой они выкристаллизовываются, является раствором тела *A* в растворе вещества *B*. Следует подчеркнуть, что лишь долго существовавшим разрывом между физической химией и химической кристаллографией можно объяснить возникавшие тогда противопоставления понятий «изоморфные смеси» и «твердые растворы».

Хендрик Виллем Бакхёйс Розебом и **Вальтер Герман Нернст** в конце 19 века создали учение о фазовых равновесиях. В 1901 г. **Николай Семенович Курнаков** и **Сергей Федорович Жемчужный** с помощью физико-химического анализа изучили область распада твердых растворов в системе NaCl – KCl и положили начало учению об устойчивости изоморфных смесей.

* Парагенезис – совместное образование некоторых групп минералов, встречающихся вместе в земной коре.

Поскольку явление изоморфизма неразрывно связано с образованием твердых фаз переменного состава, то применение учения о фазовых равновесиях к исследованию физико-химических систем способствовало дальнейшему развитию учения об изоморфизме.

Практически это выразилось в том, что экспериментальными методами физико-химического анализа были изучены диаграммы состояния многих двойных и тройных систем. Диаграммы состояния указывают на характер взаимодействия веществ и могут, следовательно, служить экспериментальной основой для проверки критерия взаимозаместимости при образовании кристаллов изоморфных смесей.

Изучение диаграмм состояния двойных систем внесло следующие значительные изменения и дополнения в ранние представления об изоморфизме Мичерлиховского периода:

1. Выяснилось, что сравнительно редко равноформенные и равноформульные (с одинаковой стехиометрией химического состава) кристаллы образуют **непрерывные** твердые растворы, т. е. дают диаграмму с неограниченной растворимостью в твердом состоянии. Это случай неограниченного изоморфизма. Например, высокотемпературные области систем NaCl – KCl, KBr – KI, KCl – RbCl.

2. В большинстве случаев у равноформульных и равноформенных кристаллов наблюдается **ограниченный изоморфизм** в соответствии с ограниченной растворимостью в твердом состоянии вследствие эвтектического (перитектического) характера взаимодействия компонентов или распада твердых растворов. Например, кубические кристаллы меди и серебра имеют ограниченную смешиваемость в твердом состоянии; система NaCl – KCl – при низких температурах.

3. Иногда равноформенные и равноформульные кристаллы практически совершенно не образуют между собой твердых растворов. Это случай **отсутствия изоморфной взаимозаместимости**, соответствующий типу диаграммы состояния с несмешиваемостью как в жидком, так и в твердом состояниях, например NaCl – PbS; Fe – Na.

4. В некоторых случаях разная форма (сингония) кристаллов не служит помехой в образовании очень широких по составу областей твердых растворов. Это **широкий изоморфизм разноформенных кристаллов**. Например, кубический литий растворяет в твердом состоянии до 70 ат. % гексагонального магния, который, в свою очередь, растворяет до 20 ат. % лития. Другой пример: кубический сфалерит – гексагональный пирротин ((Zn,Fe)S – Fe_{1-x}S; x = 0–0.17).

5. Иногда разные по форме (сингонии) кристаллы образуют непрерывные (без двухфазных областей) ряды твердых растворов. Это **неограниченный изоморфизм разноформенных кристаллов**. Например, кубическая медь и тетрагональный γ-марганец.

6. В результате изучения диаграмм состояния многочисленных систем было найдено, что различие в стехиометрии химических формул веществ

(разноформульность) не препятствует образованию узких (часто), широких (реже) и даже непрерывных (редко) областей твердых растворов. Это **изоморфизм разноформульных кристаллов**. Например, в системах $\text{FeS} - \text{FeS}_2$; $\text{CaF}_2 - \text{YF}_3$; $\beta\text{-PbF}_2 - \alpha\text{-BiF}_3$.

Таким образом, в физико-химический период было обосновано представление о том, что *все* случаи образования твердых растворов относятся к области изоморфизма. При этом выяснилось, что ни различие в форме (сингонии), ни различие в стехиометрии состава кристаллов не препятствует в принципе изоморфной смесимости различных веществ либо в очень узких, либо в широких или неограниченных пределах. С другой стороны, изоморфная взаимозаменяемость веществ может практически отсутствовать при равномерности и равноформульности кристаллов. В итоге это привело к значительным ограничениям роли всех трех факторов изоморфизма в определении этого понятия, сделанном в кристаллографический период, а именно: факторов равномерности, равноформульности и взаимозаменяемости (смесимости).

Поскольку внутреннее строение кристаллов в дорентгеновский период кристаллохимии было неизвестно и представление об атомной структуре кристаллов оставалось еще в начале XX века лишь гипотезой, то истинный характер взаимозаменяемости компонентов при образовании изоморфных смесей оставался невыясненным. Поэтому и природа, и физическая сущность явления изоморфизма не могли быть вскрыты до конца. Для данного этапа (XVIII век – 1920 г.) в истории учения об изоморфизме характерно накопление точного фактического материала, а также значительное расширение и углубление основных понятий в данной области.

Вопросы для контроля

1. Что понимают под изоморфизмом?
2. Дайте определение твердого раствора.
3. Запишите формулы твердых растворов.
4. Охарактеризуйте изовалентный и гетеровалентный изоморфизм.
5. Сформулируйте правило Ретгерса.
6. Раскройте смысл понятий: изоморфизм, изодиморфизм, полиморфизм, изотипия.

Занятие 7 (4 часа)

Методы определения функций смешения

Цель занятия. Изучение и овладение методами расчета термодинамических функций смешения твердых растворов, выявление достоинств и недостатков каждого метода, выдача рекомендаций относительно его применения.

Пояснения преподавателя. Мы продолжаем изучать термодинамику изоморфизма, на занятии мы остановимся на методах расчета функций смешения.

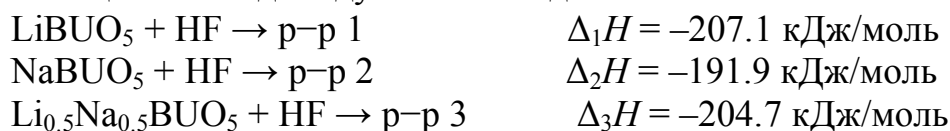
Вызов

Вопросы:

- 1) Какие экспериментальные методы определения энтропии вам известны?
- 2) Как рассчитать энтальпию смешения, используя полученные экспериментальные данные?
- 3) У вас в группах пример расчета энтальпии смешения твердого раствора и расчет парциальной мольной величины энтальпии. Рассчитайте в группе парциальную мольную величину для второго компонента.

Пример. Определение энтальпии смешения твердого раствора состава $\text{Li}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{BUO}_5$.

1. Составляем термохимический цикл, основанный на законе Гесса, и экспериментально определяем энтальпии растворения твердого раствора и составляющих его индивидуальных соединений:



Энтальпию смешения $\Delta_{\text{см}}H$ рассчитываем как разность энтальпий растворения механической смеси чистых компонентов и твердого раствора одного и того же состава:

$$\begin{aligned} 0.5\text{LiBUO}_5 + 0.5\text{NaBUO}_5 &\rightarrow \text{Li}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{BUO}_5 \\ \Delta_{\text{см}}H &= 0.5 \cdot (\Delta_1 H + \Delta_2 H) - \Delta_3 H \\ \Delta_{\text{см}}H &= 0.5 \cdot (-207.1 - 191.9) - (-204.7) = 5.2 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

2. Определяем аналогичным образом энтальпии смешения для других составов (X).

3. Результат можно представить, используя формулу для субрегулярных растворов:

$$\Delta_{\text{см}}H = a \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot (X_1 + b \cdot X_2).$$

Получаем:
$$\Delta_{\text{см}}H = 3.3 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot (X_1 + 10.3 \cdot X_2), \quad (*)$$

где X_1 – мольная доля NaBUO_5 , X_2 – мольная доля LiBUO_5 .

Уравнение (*) можно использовать для нахождения парциальных мольных величин $\Delta_1 \bar{H}$ и $\Delta_2 \bar{H}$:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{см}}H &= X_1 \cdot \Delta_1 \bar{H} + X_2 \cdot \Delta_2 \bar{H} \\ \Delta_1 \bar{H} &= \Delta_{\text{см}}H - X_2 \cdot \frac{\partial \Delta_{\text{см}}H}{\partial X_2} = RT \cdot \ln \gamma_1, \\ \Delta_2 \bar{H} &= \Delta_{\text{см}}H + (1 - X_2) \cdot \frac{\partial \Delta_{\text{см}}H}{\partial X_2} = RT \cdot \ln \gamma_2. \end{aligned}$$

Находим:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{см}}H &= 3.3 \cdot (1 - X_2) \cdot X_2 \cdot ((1 - X_2) + 10.3 \cdot X_2) = 3.3 \cdot (X_2 - X_2^2)(1 + 9.3 \cdot X_2) = 3.3 \cdot (X_2 + 9.3 \cdot X_2^2 - X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3) = \\ &= 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3), \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \Delta_{см} \bar{H}}{\partial X_2} = 3.3 \cdot (1 + 16.6 \cdot X_2 - 27.9 \cdot X_2^2),$$

$$\Delta_1 \bar{H} = 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3) - 3.3 \cdot (X_2 + 16.6 \cdot X_2^2 - 27.9 \cdot X_2^3) = 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3 - X_2 - 16.6 \cdot X_2^2 + 27.9 \cdot X_2^3) = 3.3 \cdot (-8.3 \cdot X_2^2 + 18.6 \cdot X_2^3),$$

$$\Delta_1 \bar{H} = X_2^2 \cdot (61.4 \cdot X_2 - 27.4), \text{ то есть в общем виде } \Delta_1 \bar{H} = X_2^2 \cdot (a \cdot X_2 - b), \text{ следовательно } \Delta_2 \bar{H} = X_1^2 \cdot (a - b \cdot X_1).$$

Задание. Определите $\Delta_2 \bar{H}$ самостоятельно. (Ответ: $\Delta_2 \bar{H} = X_1^2 \cdot (64.7 - 61.4 \cdot X_1)$).

Сверили результаты расчетов. Если нужно, разобрали у доски.

Кроме этого, известного вам калориметрического способа существуют и другие методы определения энтальпии смешения. Мы сегодня остановимся на двух экспериментальных и одном теоретическом методе. Дома вы самостоятельно разберете другие теоретические методы.

Осмысление

Группа 1 получает материал по расчету избыточных термодинамических функций из кривых распада твердых растворов.

Группа 2 изучит расчет избыточных термодинамических функций твердых растворов по равновесию твердая фаза переменного состава – водный раствор.

Группа 3 ознакомится с материалом по методам теоретического расчета функций смешения.

Каждая группа получает задание:

1. Прочитать самостоятельно материал.
2. Обсудить его, согласовать позиции по пониманию.
3. Заполнить таблицу:

Идеи метода	
Суть метода	
Достоинства метода	
Ограничения метода	
Ваши рекомендации по применению метода	

Рефлексия

1. Подготовить презентацию (на компьютере или на листе А3). Продумать 2–3 вопроса на понимание сути изученного вами метода, которые зададите студентам других групп после вашей презентации.

2. Представить презентацию (заполненные таблицы) у доски. Группы, заслушивающие презентацию, имеют право задать уточняющие вопросы (вопросы, которые начинаются со слов: правильно ли мы вас поняли...). В свою

очередь, выступавшие с презентацией студенты заслушивают и оценивают ответы на подготовленные ими вопросы.

Задание на дом:

1. Изучить материалы лекций 9 и 10.
2. Работа с личным портфолио.

Материалы для студентов

Лекция 9

Связь между химическим потенциалом и термодинамической активностью компонента в растворе

Для удобства описания реальных растворов вводится понятие *активности* компонента в растворе.

Химический потенциал компонента характеризует его полную молярную энергию, т.е. $\mu_i = G_i$.

Для представления концентрационной зависимости химического потенциала i -го компонента реального раствора μ_i вводят величину a_i :

$$\mu_i = G_i = G_i^0 + RT \cdot \ln a_i,$$

где a_i – термодинамическая активность компонента i в растворе:

$$a_i = X_i \gamma_i,$$

где γ_i – коэффициент активности. Он характеризует гипотетическую меру энергии, которую нужно затратить, чтобы перенести моль компонента i из идеального раствора в реальный.

Активность a_i общепринято толковать как эффективную концентрацию. Следует обратить внимание, что под «эффективностью» надо понимать просто замену реальных величин концентрации некоторыми гипотетическими величинами « a », причем такими, чтобы химический потенциал реальных растворов (а также соответствующие соотношения) выражался через эти величины в точно такой же простой форме, в какой химический потенциал идеальных растворов выражался через концентрации.

Активности компонентов и коэффициенты активности связаны с парциальными энергиями:

$$G_i^m = RT \cdot \ln a_i$$

$$G_i^e = RT \cdot \ln \gamma_i$$

Следовательно, для двухкомпонентных бинарных растворов можно записать:

$$G^m = RT(X_1 \ln a_1 + X_2 \ln a_2)$$

$$G^e = RT(X_1 \ln \gamma_1 + X_2 \ln \gamma_2)$$

(в соответствии с формулой (8.11) в лекции 8).

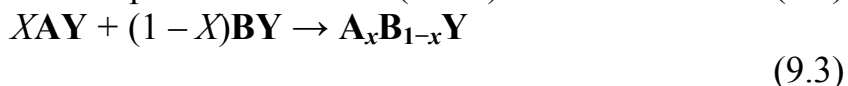
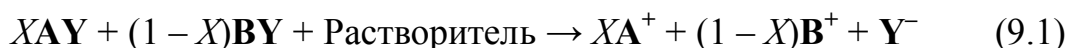
В зависимости от знака избыточной энергии Гиббса G^e говорят о положительных или отрицательных отклонениях от идеального поведения.

Методы определения функций смешения

Для установления концентрационных зависимостей термодинамических функций смешения твердых растворов используются как экспериментальные, так и расчетные методы.

Калориметрический метод

Измерения энтальпии смешения при заданных p и T проводят с помощью калориметрии растворения предварительно приготовленного твердого раствора. Опыты по растворению (в водных растворах кислот и других растворителях) проводятся в разных по конструкции калориметрах, в основном, изотермических и адиабатических. Обычно тонко измельченный образец помещается в ампулу, которая после установления термического равновесия в момент растворения погружается в растворитель; при этом контакт образца с растворителем осуществляется путем разрушения ампулы с помощью специального поршня. Время растворения образцов колеблется от 15 до 120 минут. Рабочий температурный интервал в кислотной калориметрии составляет 25–90°C. Энтальпия смешения $\Delta_{\text{см}}H$ рассчитывается как разность энтальпий растворения механической смеси чистых компонентов и твердого раствора одного и того же состава. Вычитая сторонами уравнение (9.2) из уравнения (9.1) и их тепловые эффекты, получим интересующий нас тепловой эффект реакции (9.3):



$$\Delta_{\text{см}}H \equiv \Delta H_3 = \Delta_1 H_{\text{раств}} - \Delta_2 H_{\text{раств}}$$

Можно измерять не $\Delta H_{\text{раств}}$ механической смеси, а энтальпии растворения индивидуальных веществ, из которых она образована, потому что энтальпия растворения механической смеси является аддитивной функцией энтальпий растворения исходных компонентов (рис. 9.1). Это справедливо, если в растворе нет дополнительного комплексобразования.

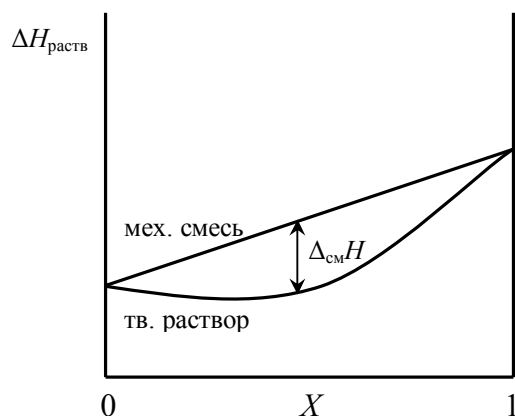
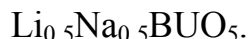


Рис. 9.1. Энтальпии растворения механической смеси чистых компонентов и твердого раствора одного и того же состава.

Поскольку, как правило $\Delta_{\text{см}}H > 0$, это означает, что реакция растворения твердого раствора менее эндотермична (более экзотермична), чем $\Delta H_{\text{раств}}$ механической смеси соответствующего состава (рис. 9.1).

Пример. Определение энтальпии смешения твердого раствора состава



1. Составляем термохимический цикл, основанный на законе Гесса, и экспериментально определяем энтальпии растворения твердого раствора и составляющих его индивидуальных соединений:



Энтальпию смешения $\Delta_{\text{см}}H$ рассчитываем как разность энтальпий растворения механической смеси чистых компонентов и твердого раствора одного и того же состава:



$$\Delta_{\text{см}}H = 0.5 \cdot (\Delta_1 H + \Delta_2 H) - \Delta_3 H$$

$$\Delta_{\text{см}}H = 0.5 \cdot (-207.1 - 191.9) - (-204.7) = 5.2 \text{ кДж/моль.}$$

2. Определяем аналогичным образом энтальпии смешения для других составов (X).

3. Результат можно представить, используя формулу для субрегулярных растворов:

$$\Delta_{\text{см}}H = a \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot (X_1 + b \cdot X_2).$$

Получаем:
$$\Delta_{\text{см}}H = 3.3 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot (X_1 + 10.3 \cdot X_2), \quad (9.4)$$

где X_1 – мольная доля NaUBO_5 , X_2 – мольная доля LiBUO_5 .

Уравнение (9.4) можно использовать для нахождения парциальных мольных величин $\Delta_1 \bar{H}$ и $\Delta_2 \bar{H}$:

$$\Delta_{\text{см}}H = X_1 \cdot \Delta_1 \bar{H} + X_2 \cdot \Delta_2 \bar{H}$$

$$\Delta_1 \bar{H} = \Delta_{\text{см}}H - X_2 \cdot \frac{\partial \Delta_{\text{см}}H}{\partial X_2} = RT \cdot \ln \gamma_1,$$

$$\Delta_2 \bar{H} = \Delta_{\text{см}}H + (1 - X_2) \cdot \frac{\partial \Delta_{\text{см}}H}{\partial X_2} = RT \cdot \ln \gamma_2.$$

Находим:

$$\Delta_{\text{см}}H = 3.3 \cdot (1 - X_2) \cdot X_2 \cdot ((1 - X_2) + 10.3 \cdot X_2) = 3.3 \cdot (X_2 - X_2^2)(1 + 9.3 \cdot X_2) = 3.3 \cdot (X_2 + 9.3 \cdot X_2^2 - X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3) = 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3),$$

$$\frac{\partial \Delta_{\text{см}}H}{\partial X_2} = 3.3 \cdot (1 + 16.6 \cdot X_2 - 27.9 \cdot X_2^2),$$

$$\Delta_1 \bar{H} = 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3) - 3.3 \cdot (X_2 + 16.6 \cdot X_2^2 - 27.9 \cdot X_2^3) = 3.3 \cdot (X_2 + 8.3 \cdot X_2^2 - 9.3 \cdot X_2^3 - X_2 - 16.6 \cdot X_2^2 + 27.9 \cdot X_2^3) = 3.3 \cdot (-8.3 \cdot X_2^2 + 18.6 \cdot X_2^3),$$

$$\Delta_1 \bar{H} = X_2^2 \cdot (61.4 \cdot X_2 - 27.4), \text{ то есть в общем виде } \Delta_1 \bar{H} = X_2^2 \cdot (a \cdot X_2 - b), \text{ следовательно, } \Delta_2 \bar{H} = X_1^2 \cdot (a - b \cdot X_1).$$

Задание. Определите $\Delta_2 \bar{H}$ самостоятельно. (Ответ: $\Delta_2 \bar{H} = X_1^2 \cdot (64.7 - 61.4 \cdot X_1)$).

Калориметрический метод определения энтальпий смешения имеет некоторые ограничения и недостатки:

1. необходимо точно знать состав твердого раствора, особенно если энтальпии растворения индивидуальных соединений сильно различаются,
2. энтальпии смешения очень небольшие величины (обычно ≤ 1 ккал/моль), энтальпии растворения большие величины и ошибка их определения достаточно велика (абсолютная). Поэтому пределы неопределенности калориметрических определений бывают слишком велики, чтобы позволить провести точный расчет $\Delta_{см}H$.

Развитие метода кислотной калориметрии требует значительного повышения чувствительности приборов. Использование дифференциальных калориметров позволяет измерять $\Delta H_{раств}$ с большой точностью.

Для определения *энтропии смешения* измеряют теплоемкости твердых индивидуальных соединений и твердых растворов на их основе от $T \rightarrow 0$ К до требуемой температуры. Энтропия смешения $\Delta_{см}S$ рассчитывается как разность энтропий нагревания механической смеси чистых компонентов и твердого раствора одного и того же состава: $\Delta_{см}S = X_1S_1 + X_2S_2 - S_{m.p.(X_1X_2)}$, где энтропии

нагревания S_i равны: $S_i = \int_0^{T_i} \frac{C_{p,i}}{T} dT$.

Расчет термодинамических функций смешения твердых растворов на основе экспериментальных данных по равновесиям

Напомним, что парциальная молярная функция смешения компонента i [Φ_i] – это изменение интегральной функции смешения твердого раствора данного состава при вводе бесконечно малого количества компонента i в этот твердый раствор:

$$\Phi_i = \left(\frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \right)_{T,p,X \neq X_i}.$$

Для установления концентрационных зависимостей термодинамических функций смешения твердых растворов используются различные расчетные методы. Они основываются на принципе равновесного сосуществования фаз при данных T и p , хотя значения избыточных величин (H^e , S^e , V^e , G^e и т.п.) вычисляются отдельно для каждой фазы. Необходимо лишь иметь достаточно корректные экспериментальные данные по равновесиям. Простейшим подходом к решению этой задачи является разложение парциальных молярных величин в степенные ряды по мольной доле одного из изоморфных компонентов. Соответствующие концентрационные зависимости получили название рядов Маргулеса. Этот знаменитый физико-химик первый предложил использовать ряды Тейлора для представления функций $a_i = f(X_i)$. Его метод получил широкое применение в термодинамике растворов.

Рассмотрим представление в виде степенного ряда величин $G_1^{изб}$ и $G_2^{изб}$. В простейшем случае:

$$G_1^{изб} = RT \ln \gamma_1 = A_{01} + A_{11}(1 - X_1) + A_{21}(1 - X_1)^2 + A_{31}(1 - X_1)^3 + \dots \quad (9.5)$$

$$G_2^{изб} = RT \ln \gamma_2 = A_{02} + A_{12}X_1 + A_{22}X_1^2 + A_{32}X_1^3 + \dots, \quad (9.6)$$

где $A_{01}, A_{11}, \dots, A_{02}, A_{12}, \dots$ – константы разложения.

Согласно определению, при $X_1 = 1$ ($X_2 = 0$) парциальные избыточные энергии обращаются в нуль, откуда $A_{01} = 0, A_{02} = 0$. Кроме того, величины $G_1^{изб}$ и $G_2^{изб}$ связаны между собой уравнением Дюгема:

$$X_1 dG_1^{изб} + (1 - X_1) dG_2^{изб} = 0 \quad (9.7)$$

(в соответствии с формулой (8.16) в лекции 8).

Обозначим коэффициенты в уравнениях (9.5) и (9.6) более простыми индексами:

$$A_{11} = C_1, A_{21} = B_1, A_{31} = A_1,$$

$$A_{12} = C_2, A_{22} = B_2, A_{32} = A_2.$$

Подставим уравнения (9.5) и (9.6) в (9.7):

$$3 \cdot X_1 \cdot (1 - X_1)^2 \cdot A_1 \cdot d(1 - X_1) + 2 \cdot X_1 \cdot (1 - X_1) \cdot B_1 \cdot d(1 - X_1) + X_1 \cdot C_1 \cdot d(1 - X_1) + 3 \cdot X_1^2 \cdot (1 - X_1) \cdot A_2 \cdot dX_1 + 2 \cdot X_1 \cdot (1 - X_1) \cdot B_2 \cdot dX_1 + (1 - X_1) \cdot C_2 \cdot dX_1 = 0 \quad (9.8)$$

По условию $X_1 + X_2 = 1$, то есть $X_1 = 1 - X_2$.

Дифференцируя это выражение, находим $dX_1 = -dX_2$ или $dX_1 = -d(1 - X_1)$.

С учетом этого из уравнения (9.8) находим:

$$A_1 \cdot (1 - X_1)^2 \cdot 3 \cdot X_1 + B_1 \cdot (1 - X_1) \cdot 2 \cdot X_1 + C_1 \cdot X_1 - A_2 \cdot (1 - X_1)^2 \cdot 3 \cdot X_1 - B_2 \cdot (1 - X_1) \cdot 2 \cdot X_1 - (1 - X_1) \cdot C_2 = 0,$$

откуда

$$(3A_1 + 3A_2) \cdot X_1^3 - (6A_1 + 2B_1 + 3A_2 - 2B_2) \cdot X_1^2 + (3A_1 + 2B_1 - 2B_2 + C_1 + C_2) \cdot X_1 - C_2 = 0$$

Поскольку последнее равенство должно выполняться при любых значениях $0 \leq X_1 \leq 1$, можно сделать вывод о равенстве нулю коэффициентов при всех степенях X_1 :

$$\left. \begin{aligned} 3A_1 + 3A_2 &= 0, \\ 6A_1 + 2B_1 + 3A_2 - 2B_2 &= 0, \\ 3A_1 + 2B_1 - 2B_2 + C_1 + C_2 &= 0, \\ C_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Решая эту систему уравнений, получаем:

$$\left\{ \begin{aligned} A_2 &= -A_1; & C_1 &= 0; \\ B_2 &= B_1 + 3/2 \cdot A_1; & C_2 &= 0, \end{aligned} \right.$$

откуда

$$\left\{ \begin{aligned} G_1^{изб} &= A_1 \cdot X_2^3 + B_1 \cdot X_2^2 & (9.9) \\ G_2^{изб} &= -A_1 \cdot X_1^3 + (B_1 + 3/2 A_1) \cdot X_1^2 & (9.10) \end{aligned} \right.$$

Если в уравнения (9.5) и (9.6) ввести члены с более высокими степенями мольных долей, получаются более точные, но более громоздкие выражения. Если же учесть члены с порядком не выше двух, получим довольно простые формулы:

$$\begin{cases} G_1^{изб} = A \cdot X_2^2 \\ G_2^{изб} = A \cdot X_1^2. \end{cases} \quad (9.11)$$

Таким образом, в основе термодинамической обработки экспериментальных данных по равновесиям фаз переменного состава лежит вычисление избыточных молярных свободных энергий. Рассмотрим простейший пример их расчета из кривых распада твердых растворов.

Расчет избыточных термодинамических функций твердых растворов по кривым распада

Пусть твердый раствор α ниже температуры $T_{кр}$ распадается с образованием фаз α' и α'' : $\alpha \xrightarrow{T_{кр}} \alpha' + \alpha''$.

Если достигнуто равновесие между этими фазами, то химические потенциалы всех компонентов в них будут равны. В случае изоморфизма двух компонентов (1 и 2) находим: $G_1' = G_1''$ и $G_2' = G_2''$.

Подставляем сюда значения G_i в соответствии с формулой $\mu_i = G_i = G_i^0 + RT \cdot \ln a_i$ и соотношением $a_i = X_i \cdot \gamma_i$:

$$G_1^0 + RT \ln X_1' + G_1^{e'} = G_1^0 + RT \ln X_1'' + G_1^{e''};$$

$$G_2^0 + RT \ln X_2' + G_2^{e'} = G_2^0 + RT \ln X_2'' + G_2^{e''}.$$

После замены в этих уравнениях величин избыточных парциальных молярных свободных энергий, в соответствии с формулами (9.9) и (9.10), находим:

$$RT \ln \frac{X_1'}{X_1''} = A_1[(1 - X_1'')^3 - (1 - X_1')^3] + B_1[(1 - X_1'')^2 - (1 - X_1')^2]; \quad (9.12)$$

$$RT \ln \frac{(1 - X_1')}{(1 - X_1'')} = -A_1[(X_1'')^3 - (X_1')^3] + \left(B_1 + \frac{3}{2} A_1 \right) [(X_1'')^2 - (X_1')^2]. \quad (9.13)$$

Величины X_1 , X_1'' и $X_2' = 1 - X_1'$, X_2'' находятся по кривой распада при данной температуре. Решая совместно уравнения (9.12) и (9.13), можно найти параметры A_1 и B_1 .

Условием стабильности гомогенного твердого раствора является выполнение неравенства:

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial X_1} \right)_T > 0 \text{ или же } \left(\frac{\partial G_1}{\partial X_1} \right)_T > 0.$$

При критической температуре $T_{кр}$ на диаграмме $T - X$ обе ветви кривой распада смыкаются. Первая и вторая производные парциальной молярной свободной энергии по составу в этой точке равны нулю:

$$\left(\frac{\partial G_1}{\partial X_1} \right)_{T_{кр}, P} = 0, \quad \left(\frac{\partial^2 G_1}{\partial X_1^2} \right)_{T_{кр}, P} = 0.$$

В случае равенства (9.11) имеем:

$$G_1 = G_1^0 + RT \ln X_1 + A(1 - X_1)^2.$$

Дважды дифференцируя это уравнение по X_1 и приравнявая производные нулю, получаем следующие выражения для критической точки:

$$\left(\frac{\partial G_1}{\partial X_1}\right)_{T,p} = \frac{RT_{kp}}{X_1^c} - 2A(1 - X_1) = 0;$$

$$\left(\frac{\partial^2 G_1}{\partial X_1^2}\right)_{T,p} = -\frac{RT_{kp}}{(X_1^c)^2} + 2A = 0.$$

Совместное решение этих уравнений дает

$$X_1 = \frac{1}{2}; A = 2RT_{kp}. \quad (9.14)$$

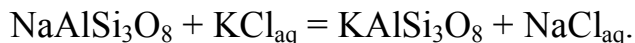
Таким образом, с помощью формулы (9.14), зная критическую температуру кривой распада твердых растворов, можно сразу получить постоянную A , описывающую отклонение раствора от идеальности на основе однопараметрического уравнения Маргулеса (при условии его приложимости к рассматриваемой системе).

При небольших отклонениях от идеальности можно допустить, что параметр A не зависит от температуры. Согласно уравнениям: $G^e \approx H^m$, $G_i^e \approx H_i^m$, $S^e \approx 0$, $S_i^e \approx 0$ (см. лекцию 8), это отвечает равенству нулю избыточной энтропии, а отклонение от идеальности целиком определяется величиной теплоты смешения. Такие растворы носят название регулярных – они отвечают самому простому типу неидеальных смесей. Таким образом, можно сказать, что уравнение (9.14) позволяет вычислить единственный параметр, описывающий отклонение от идеальности в приближении теории регулярных растворов.

Расчет избыточных термодинамических функций твердых растворов из данных по составам сосуществующих фаз вдоль кривых распада является частным случаем подобных вычислений. Для тех же целей могут быть использованы изотермы распределения изоморфных компонентов между водным раствором (существенно водными флюидами) и твердой фазой переменного состава.

Расчет по равновесию минерал – водный раствор

Рассмотрим обменное равновесие между хлоридным раствором и смешанными кристаллами системы $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8$:



Из равенства сумм химических потенциалов в правой и левой частях этой реакции и из определения избыточной парциальной молярной энергии получаем следующее уравнение:

$$RT \ln K_D = RT \ln \frac{X_K^{\text{Fsp}} \cdot X_{\text{Na}}^{\text{aq}}}{X_{\text{Na}}^{\text{Fsp}} \cdot X_K^{\text{aq}}} = \Delta G^0 + G_{\text{Na}}^{e(\text{Fsp})} + G_K^{e(\text{aq})} - G_K^{e(\text{Fsp})} - G_{\text{Na}}^{e(\text{aq})},$$

где K_D – коэффициент распределения.

Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют о близости к идеальному смешению K^+ и Na^+ в водных растворах при высоких T и p , т.е.

$$G_{Na}^{e(aq)} = G_K^{e(aq)} = 0,$$

откуда

$$RT \ln K_D^{(K-Na)} = \Delta G^0 + G_{Na}^{e(Fsp)} - G_K^{e(Fsp)}, \quad (9.15)$$

где

$$K_D^{(K-Na)} = \frac{X_K^{Fsp} \cdot X_{Na}^{aq}}{X_{Na}^{Fsp} \cdot X_K^{aq}}.$$

Выражая $G_{Na}^{e(Fsp)}$ и $G_K^{e(Fsp)}$ из уравнений типа (9.9) и (9.10), после преобразований получаем:

$$RT \ln K_D^{(K-Na)} = \Delta G^0 + \left(\frac{9}{2} X_{Na}^{Fsp^2} - 3 X_{Na}^{Fsp} + 1 \right) A + (1 - 2 X_{Na}^{Fsp}) B,$$

где ΔG^0 , A и B – величины постоянные при фиксированных T и p . Зная молярные доли компонентов в равновесных фазах из экспериментальных данных, все эти параметры можно рассчитать методом наименьших квадратов или любым иным способом.

Рассмотрим теперь другой метод, позволяющий рассчитывать избыточные свободные энергии смешанных кристаллов на основе данных по их равновесиям с водным флюидом без допущения какой-либо определенной концентрационной зависимости соответствующих парциальных молярных величин.

Продифференцируем уравнение (9.15) при постоянных T и p :

$$RT d \ln K_D^{(K-Na)} = dG_{Na}^{e(Fsp)} - dG_K^{e(Fsp)},$$

откуда

$$dG_{Na}^{e(Fsp)} = RT d \ln K_D^{(K-Na)} + dG_K^{e(Fsp)}.$$

Подставляя это выражение в уравнение Дюгема

$$X_{Na}^{Fsp} dG_{Na}^{e(Fsp)} + X_K^{Fsp} dG_K^{e(Fsp)} = 0,$$

получаем

$$X_{Na}^{Fsp} RT d \ln K_D + X_{Na}^{Fsp} dG_K^{e(Fsp)} + X_K^{Fsp} dG_K^{e(Fsp)} = X_{Na}^{Fsp} RT d \ln K_D + (X_{Na}^{Fsp} + X_K^{Fsp}) dG_K^{e(Fsp)} = X_{Na}^{Fsp} RT d \ln K_D + dG_K^{e(Fsp)} = 0$$

откуда

$$G_K^{e(Fsp)} = -RT \int_0^{X_{Na}^{Fsp}} X_{Na}^{Fsp} d \ln K_D \quad (9.16)$$

и по аналогии

$$G_{Na}^{e(Fsp)} = RT \int_0^{X_K^{Fsp}} X_K^{Fsp} d \ln K_D. \quad (9.17)$$

С помощью уравнений (9.16) и (9.17) величины $G_K^{e(Fsp)}$ и $G_{Na}^{e(Fsp)}$ могут быть получены графическим интегрированием функций $RT \ln K_D = f(X_K^{Fsp})$, рассчитанных из экспериментальных данных. На рис. 9.2 показан пример расчета парциальных избыточных молярных свободных энергий $KAlSi_3O_8$ и $NaAlSi_3O_8$.

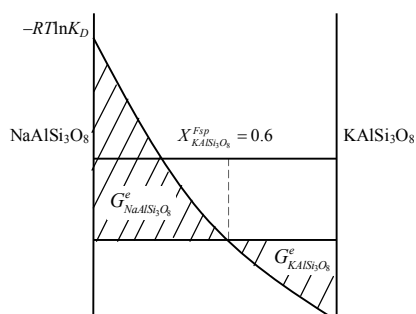


Рис. 9.2. Графическое интегрирование уравнений (9.16) и (9.17) с целью определения величин парциальных молярных избыточных свободных энергий $KAlSi_3O_8$ и $NaAlSi_3O_8$ в твердом растворе Fsp при $X_{KAlSi_3O_8}^{Fsp} = 0.6$, $t = 700^\circ C$ и $p_{H_2O} = 2 \cdot 10^8$ Па на основе экспериментальных данных Орвилля.

Рекомендуемая литература к лекции 9

1. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. М., «Недра». 1976. 287 с.
2. Котельников А.Р., Улин И.В., Ковальский А.М., Некрасов А.Н., Котельникова З.А., Орлова А.И., Петьков В.И. Получение и изучение строения сложных ортофосфатов циркония и щелочных элементов. 4. Образование и термодинамические характеристики твердых растворов в высокотемпературных водно-солевых системах // Радиохимия. 2000. Т. 42. № 4. С. 325-330.
3. Асабина Е.А., Петьков В.И., Котельников А.Р., Ковальский А.М. Синтез и изучение твердых растворов $(\text{Na,K})\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ в гидротермальных условиях // Журнал неорганической химии. 2006. Т. 51. № 7. С. 1066-1071.
4. Сушкова Т.П., Семенова Г.В., Стрыгина Е.В. Термодинамическая оценка стабильности твердых растворов на основе халькогенидов свинца // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004. № 1. С. 94-100.
5. Урусов В.С. Теория изоморфной смесимости. М., «Наука». 1977. 251 с.
6. Макаров Е.С. Изоморфизм атомов в кристаллах. М., «Атомиздат». 1973. 288 с.

Лекция 10

В результате всестороннего изучения качественных особенностей явления изоморфизма создана разветвленная классификация его разновидностей и сформулирован ряд правил изоморфизма. Все более актуальной становится задача построения количественной теории изоморфизма, которая имеет своей целью предсказать состав изоморфной смеси (пределы изоморфных замещений) в зависимости от термодинамических условий (в основном от температуры).

Методы теоретического расчета функций смешения

Бывают ситуации, когда исследователь не может по тем или иным причинам изучить твердый раствор экспериментально. Ему необходимо оценить возможность изоморфного замещения в той или иной системе и пределы этого замещения, т.е. перед исследователем встает задача теоретического расчета функций смешения.

Ясно, что конечной целью расчетов должна быть термодинамическая функция $\Delta_{\text{см}}G^0$. Способов ее непосредственной оценки (теоретической) нет. Представим $\Delta_{\text{см}}G^0$ в виде:

$$\Delta_{\text{см}}G^0 = \Delta_{\text{см}}H^0 - T \cdot \Delta_{\text{см}}S^0$$

Энтропию смешения можно рассчитать по формулам для регулярного раствора (для двухкомпонентной системы):

$$\Delta_{\text{см}}S^0 = -R(X_1 \cdot \ln X_1 + X_2 \cdot \ln X_2), \quad (10.1)$$

где X – мольная доля компонентов.

Кроме того, есть возможность оценить величину $\Delta_{\text{см}}S^{\text{кол}}$. Было замечено, что существует корреляция между отклонениями от аддитивности характеристической температуры твердого раствора $\Delta\theta_D$ и $\Delta_{\text{см}}H$ и,

следовательно, между $\Delta\theta_D$ и размерным параметром $\Delta R/R$ (ΔR – разность межатомных расстояний компонентов смеси, R – среднее межатомное расстояние). Для ряда твердых растворов была установлена линейная зависимость между $\Delta_{\text{см}}S^{\text{кол}}$ эквимольных составов и $\Delta R/R$ (рис. 10.1). Можно видеть, что при $\Delta R/R > 0.1$ вклад $\Delta_{\text{см}}S^{\text{кол}}$ достигает существенных величин, порядка 20% от $\Delta S_{\text{ид}}^{\text{конф}}$.

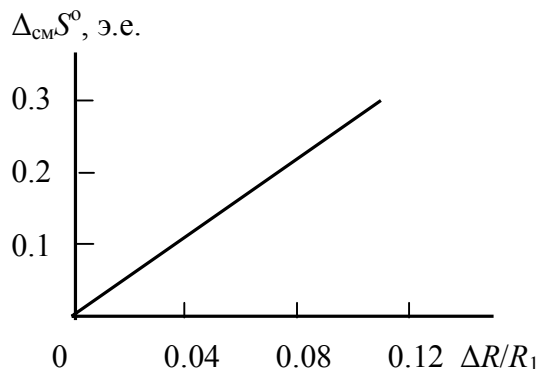


Рис. 10.1. Линейная зависимость колебательной энтропии эквимольного состава твердого раствора и размерного параметра.

При температурах выше характеристической ($T > \theta_D$) существует простая зависимость между колебательной энтропией и относительным отклонением от аддитивности характеристической температуры твёрдого раствора $\Delta\theta_D/\theta_D$:

$$\Delta_{\text{см}}S^{\text{кол}} = -3R \left(\frac{\Delta\theta_D}{\theta_D} \right) \text{ при } T > \theta_D, \quad (*)$$

где θ_D – характеристическая температура Дебая твердого раствора, $\Delta\theta_D = \theta_D - \theta_D^{\text{идеал}}$.

Твердые растворы постоянно обнаруживают отрицательные отклонения температуры Дебая от аддитивности, $\Delta\theta_D < 0$. Поэтому из уравнения (*) следует положительный знак $\Delta S^{\text{кол}}$, т.е. $\Delta_{\text{см}}S > \Delta S_{\text{ид}}^{\text{конф}}$. Характеристическая температура реального твердого раствора приблизительно на 4° ниже, чем для идеального раствора того же состава, или, грубо говоря, частоты колебаний атомов в реальном твердом растворе приблизительно на 2% меньше, чем в идеальном (Более подробно расчет $\Delta_{\text{см}}S^{\text{кол}}$ приведен в работе: Макаров Л.Л. «Щелочные галогениды и их твердые растворы». Л., 1972).

Таким образом, для оценки $\Delta_{\text{см}}G$ необходимо рассчитать величину $\Delta_{\text{см}}H$. Практически все работы по термодинамической теории твердых растворов замещения посвящены именно попыткам расчета $\Delta_{\text{см}}H$. Есть три основных подхода к решению этой проблемы:

I. *Оценки тепловых эффектов смешения, основанные на динамике кристаллической решетки*

Энтальпия смешения $\Delta_{\text{см}}H$ возникает из-за разницы в энтальпиях связей в твердом растворе и индивидуальных соединениях. От сил, действующих между атомами в кристалле, зависят такие динамические характеристики как константы упругости, сжимаемость, температура Дебая и другие, и они должны испытывать закономерные изменения при образовании твердого раствора. Эти изменения можно затем связать с тепловым эффектом смешения.

Однако, подходы, основанные на динамике кристаллической решетки, остаются пока на уровне качественных корреляций и приближенных оценок.

II. Расчеты, основанные на теории точечных дефектов в реальных кристаллах

В общем случае атом-примесь можно рассматривать как точечный дефект в кристалле наряду с другими видами точечных дефектов, а именно вакансиями в узлах решетки (эффектами Шоттки) или междоузельными ионами (дефектами Френкеля). Теория таких дефектов прошла большой путь в физике твердого тела, и многие ее результаты могут быть использованы при решении энергетических проблем твердых растворов.

Были подробно разработаны модели разбавленного твердого раствора щелочных галогенидов с концентрацией растворенного вещества $< 1\%$. Предполагалось, что при такой концентрации можно рассматривать только изолированные примеси в решетке. Модели предусматривали наличие смещений от примесного атома соседей различного порядка и наведенных диполей ближайших к примеси ионов, которые возникают в результате поляризации смещенных ионов-соседей. Избыточная энергия твердого раствора (энергия растворения примеси) оценивается как сумма изменений маделунговской энергии, энергии отталкивания и Ван дер Ваальса, а также энергии взаимодействия между диполями. Как и следовало ожидать, было установлено, что смещение ионов вокруг примеси тем больше, чем больше разность размеров иона примеси и иона-хозяина. Величина параметров смещения быстро уменьшается с ростом расстояния от внедренного иона. Позднее модель обобщена для всего ряда составов щелочногалогенидных твердых растворов. Взаимодействие ионов примеси друг с другом, неизбежное при больших концентрациях второго компонента учитывалось с помощью зависимости средних расстояний между соседями различных порядков от состава (по правилу Вегарда). Согласие расчетных данных (теплот смешения) с экспериментом весьма хорошее. Впрочем, результаты лишь ненамного лучше, чем для гораздо более простых моделей Вазашерны – Хови и Хиеталы (см. ниже), так что затраты труда на вычисления оказываются едва ли оправданными. К тому же представление окончательных результатов расчета имеет очень громоздкий вид, которому сложно придать аналитическую форму, и даже в самых сложных моделях принципиально не удастся избежать использования эмпирических параметров.

III. Расчеты, основанные на расчете разницы термодинамических функций кристаллических решеток твердых растворов и механических смесей индивидуальных соединений

При обычных давлениях ($p \approx 0$, т.е. можно пренебречь работой против внешнего давления $p\Delta_{\text{см}}V$, и $\Delta_{\text{см}}H \approx \Delta_{\text{см}}U$ (внутренней энергии)) можно записать:

$$\Delta_{\text{см}}H \approx \Delta_{\text{см}}U = \begin{cases} U_{m.p.} - X_1U_1 - X_2U_2 \\ \Delta H_{m.p.} - X_1\Delta H_1 - X_2\Delta H_1 \\ E_{m.p.} - X_1E_1 - X_2E_2, \end{cases}$$

где U – энергия решетки (энергия, которая выделяется при образовании кристалла из бесконечно разреженного газа ионов),
 E – энергия атомизации (энергия, которая выделяется при образовании кристалла из бесконечно разреженного газа атомов),
 ΔH – энтальпия образования или растворения кристаллов твердого раствора и чистых компонентов. Путей ее теоретического расчета нет.

Какова точность такого рода расчетов? $\Delta_{\text{см}}H$ ($\Delta_{\text{см}}U$) – малые величины (\leq несколько ккал), ошибка лучших теоретических расчетов того же порядка. Для E погрешность – даже несколько больше. Такой расчет был бы невозможен, если бы не то обстоятельство, что принципиальные ошибки теории практически одинаковы для значений U и E как для твердых растворов, так и механической смеси чистых компонентов и с большой степенью точности погашаются в разностном выражении.

Энергетическая теория твердых растворов

Для предельно ионных кристаллов имеет строгий смысл и определенное значение величина U (в случае неионных соединений это понятие неприменимо). Поэтому для подобных соединений все расчеты производились через эту величину.

В 1923 г. Х. Гримм и Карл Фердинанд Герцфельд положили начало количественной энергетической теории ионных твердых растворов, рассчитывая $\Delta_{\text{см}}H$ как разность энергий кристаллических решеток твердых растворов и механической смеси чистых компонентов:

$$\Delta_{\text{см}}H = U_{m.p.} - X_1U_1 - X_2U_2$$

В 40-е г.г. было сделано несколько попыток проведения расчетов по этому уравнению. Для них характерна еще недостаточная разработка кристаллохимической модели твердых растворов и способов ее математического анализа. В работе Тобольского впервые показано, что $\Delta_{\text{см}}H \approx \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2$, $\frac{\Delta R}{R}$ – размерный параметр (ΔR – разность межатомных расстояний компонентов смеси, R – среднее межатомное расстояние).

Теория Вазашерны – Хови

В теории финского ученого Вазашерны (1949 г.) и его ученика Хови (1950) была сделана попытка учесть различные эффекты при образовании твердого раствора. Вазашерна записал выражение для энергии кристаллической решетки в общем виде:

$$U(R) = -\frac{A}{R} + v\varphi(R), \quad (10.2)$$

где A – константа Маделунга, v – число ближайших соседей,
 $\varphi(R)$ – неявная форма потенциала отталкивания между ближайшими соседями.

Для твердого раствора, содержащего X_1 атомных долей ионов типа 1, замещающих ионы типа 2, мольная доля которых, следовательно, будет $X_2 = 1 - X_1$, энергия решетки принимает вид:

$$U(R) = -\frac{A}{R} + [X_1 \cdot \varphi_1(R) + X_2 \cdot \varphi_2(R)]v \quad (10.3)$$

Для вычисления R – среднего межатомного расстояния в твердом растворе – Вазашерна использовал правило Вегарда в форме:

$$R_1 = R - X_2 \cdot \Delta R; \quad R_2 = R + X_1 \cdot \Delta R; \quad R = R_2 - R_1; \quad R_2 > R_1. \quad (10.4)$$

Электростатическая часть теплоты образования твердого раствора, исходя из уравнений (10.2)–(10.4) и разложения в ряды по малому параметру $\Delta R/R$, равна:

$$\Delta H_I = X_1 \cdot X_2 \cdot \frac{A}{R} \left(\frac{\Delta R}{R} \right)^2 \quad (10.5)$$

Полная энтальпия образования ΔH_{II} , включая и вклад энергии отталкивания, может быть вычислена с помощью разложения в ряд Тейлора члена

$$\begin{aligned} \varphi(R) &= X_1 \cdot \varphi_1(R_1 + X_2 \cdot \Delta R) + X_2 \cdot \varphi_2(R_2 - X_1 \cdot \Delta R) \\ \Delta H_{II} &= \Delta H_I - X_1 \cdot X_2 \cdot \frac{A}{R} \left(\frac{R}{R_1^2} - \frac{R}{R_2^2} \right) \cdot \Delta R + \frac{X_1 \cdot X_2}{2} \cdot \frac{A}{R} \cdot \left[X_2 \cdot \frac{R}{R_1^3} \left(-\frac{R_1 \cdot \varphi_1''(R_1)}{\varphi_1'(R_1)} \right) + \right. \\ &\quad \left. + X_1 \cdot \frac{R}{R_2^3} \left(-\frac{R_2 \cdot \varphi_2''(R_2)}{\varphi_2'(R_2)} \right) \right] \cdot (\Delta R)^2 \end{aligned}$$

Вазашерна показал также, что для ионного кристалла справедливо соотношение:

$$-\frac{R \cdot \varphi'(R)}{\varphi(R)} = \theta + 2, \quad \text{где } \theta = \frac{3 + 4T \cdot \alpha}{\frac{A \cdot \beta}{6R^4} - T \cdot \alpha}.$$

Характеристическая постоянная θ зависит от коэффициента сжимаемости β и коэффициента термического расширения α – величин, доступных непосредственному измерению. Введение характеристической постоянной θ позволяет провести необходимые расчеты без знания явной формы функции $\varphi(R)$, получим:

$$\Delta H_{II} = \Delta H_I \cdot \frac{\theta}{2} \quad (10.6)$$

Уравнение (10.6) следует рассматривать как грубое приближение, основанное на предположении, что ионы в смешанном кристалле занимают позиции идеальной кристаллической решетки.

С помощью рентгенографических исследований твердых растворов щелочных галогенидов Вазашерна обнаружил значительные смещения ионов из их идеализированных положений. Тогда он предложил учесть влияние смещений атомов на теплоту смешения. Он принял, что в твердом растворе октаэдр ближайших соседей вокруг центрального атома остается правильным, то есть расстояние между замещающими друг друга атомами обоих типов А и В вдоль осей координат равно $2R$ (рис. 10.1).

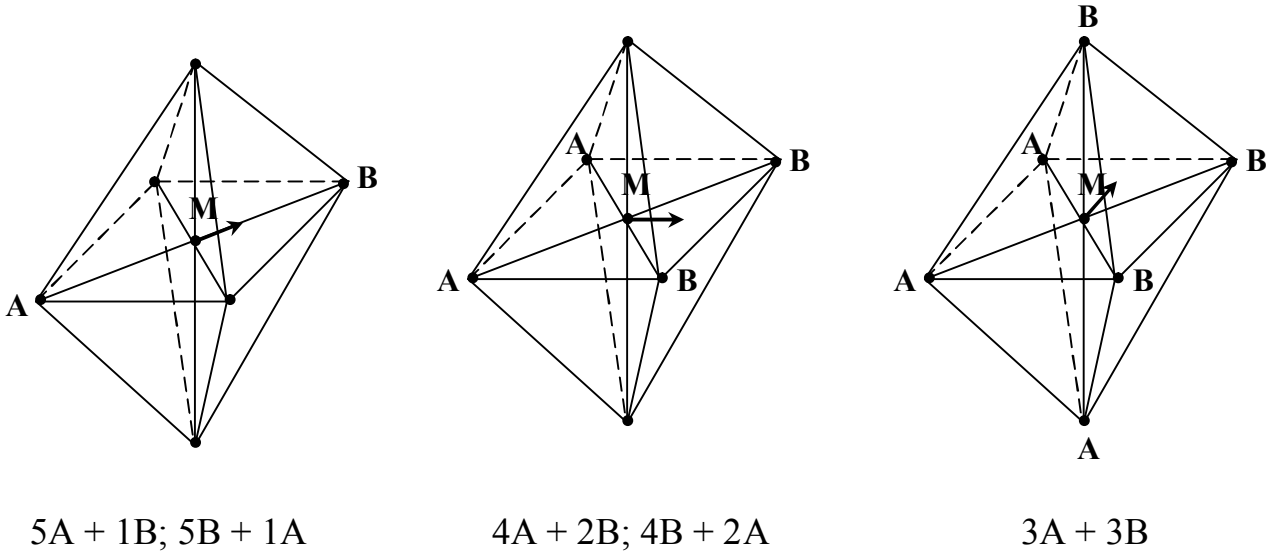


Рис. 10.1. Схема смещений центрального атома в смешанном октаэдрическом окружении (атом $A >$ атома B).

Если друг другу противостоят атомы разного типа, то расстояние $2R$ между ними Вазашерна разделил следующим образом:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot 2R = R_1 + \frac{R_1(X_2 - X_1)}{R_1 + R_2} \cdot \Delta R \text{ и}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 2R = R_2 - \frac{R_2(X_1 - X_2)}{R_1 + R_2} \cdot \Delta R.$$

Вероятность того, что два противоположных соседа центрального атома (иона) являются атомами одного типа, есть X_1^2 , что они оба другого типа, — X_2^2 , а того, что центральный атом окружен разными атомами, — $2X_1X_2$. При этом конечно, $X_1^2 + 2X_1X_2 + X_2^2 = (X_1 + X_2)^2 = 1$. Тогда энергия решетки твердого раствора становится:

$$U(R) = -\frac{A}{R} + \nu \left\{ X_1^2 \cdot \varphi_1(R) + X_2^2 \cdot \varphi_2(R) + X_1 \cdot X_2 \cdot \varphi_1\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot 2R\right) + X_1 \cdot X_2 \cdot \varphi_2\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 2R\right) \right\}$$

, и теплота смешения с учетом смещений атомов будет (проведено еще упрощение)

$$\Delta H_{III} = \Delta H_I \left(\frac{\theta}{4} + 4X_1X_2 - \frac{1}{2} \right). \quad (10.7)$$

Более точно, разлагая в ряды основное уравнение для ΔH_{III} , Хови получил

$$\Delta H_{III} = \Delta H_I \left(\frac{\theta}{4} + \frac{1}{2} \right). \quad (10.7')$$

Следующим шагом в развитии теории Вазашерны была попытка учесть появление некоторого порядка в расположении замещающих друг друга атомов в решетке. Так как обмен местами между атомами разного типа не изменяет электростатического дальнедействующего взаимодействия $\left(-\frac{A}{R}\right)$, а силы, ответственные за член $\varphi(R)$, являются короткодействующими, то предполагается отсутствие какого бы то ни было дальнего порядка. Однако

ближний порядок, как следствие требования минимума энергии, частично может возникать. Обозначая степень ближнего порядка α , получим новые вероятности ближайших окружений центрального атома:

одинаковые атомы $\chi = X_1(X_1 - X_2 \cdot \alpha)$ $\mu = X_2(X_2 - X_1 \cdot \alpha)$,	разные атомы $\lambda = X_1 \cdot X_2(1 + \alpha)$ $\mu = X_2 \cdot X_1(1 + \alpha)$.
---	--

Энергия решетки твердого раствора принимает тогда вид:

$$U(R) = -\frac{A}{R} + v \left\{ X_1 \cdot (X_1 - X_2 \cdot \alpha) \cdot \varphi_1(R) + X_2 \cdot (X_2 - X_1 \cdot \alpha) \cdot \varphi_2(R) + X_1 \cdot X_2 \cdot (1 + \alpha) \cdot \varphi_1\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot 2R\right) + X_1 \cdot X_2 \cdot (1 + \alpha) \cdot \varphi_2\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 2R\right) \right\}$$

Используя снова разложение в ряд, Вазашерна получил для теплоты образования твердого раствора в окончательном (четвертом) приближении:

$$\Delta H_{IV} = \Delta H_I \left[\frac{\theta}{4} \cdot (1 - \alpha) + \left(4X_1X_2 - \frac{1}{2} \right) (1 + \alpha) \right]. \quad (10.8)$$

Уточнение Хови дает для аналогичного приближения более простое выражение:

$$\Delta H_{IV} = \Delta H_I \left[\frac{\theta}{4} \cdot (1 - \alpha) + \frac{1}{2} (1 + \alpha) \right]. \quad (10.8')$$

Таким образом, теплота образования твердого раствора учитывает маделунговский вклад, изменение энергии короткодействующих сил, смещение атомов и частичный ближний порядок:



Если в четвертом приближении теории Вазашерны–Хови (см. уравнение 10.8') пренебречь некоторыми членами в скобках, включающими степень ближнего порядка α , то придем к выражению

$$\Delta H_{IV} = \Delta H_I \cdot \frac{\theta}{4} = X_1 \cdot X_2 \cdot \frac{A}{R} \cdot \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 \cdot \frac{\theta}{4} \quad (10.9)$$

Интересен тот факт, что из теории еще одного финского ученого – Хиеталы (1963 г.) получается аналогичная формула, несмотря на иные начальные предпосылки:

$$\Delta H_{IV} = \frac{9}{4} X_1 X_2 \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 \frac{V}{\beta}$$

Одно из предположений Хиеталы, отсутствующее в теории Вазашерны, а именно, что локальные смещения атомов влияют на электростатическую часть теплоты образования ΔH_I , почти точно компенсирует эффект частичного ближнего упорядочения, который является отличительной чертой модели Вазашерны (и недостаточно обоснован экспериментально).

Общим для моделей Вазашерны и Хиеталы является их полуэмпирический характер, параметры теорий θ и V/β соответственно, оцениваются с помощью данных о сжимаемости β (и тепловом расширении α) кристаллов чистых компонентов. Таким образом, эти теории полуэмпирические в той же степени, что и сама теория энергии решетки: вспомним, что параметры отталкивания ρ (или другие) определяются на основе опытных данных по сжимаемости.

Другой общей их чертой является учет смещения только ближайших соседей иона-примеси при образовании твердого раствора. Из теории точечных дефектов ионных кристаллов ясно, что смещения и релаксация ионов в решетке при внедрении в нее примеси должны захватывать значительно большее число координационных сфер вокруг иона-примеси. Наиболее важным выводом из таких расчетов представляется следующий: многочисленные эффекты релаксации решетки вокруг примеси компенсируют друг друга таким образом, что для реалистического описания оказывается достаточным использование заведомо упрощенных моделей.

Как видно из представленных описаний, подготовка преподавателя к проведению таких занятий кардинальным образом меняется: если ранее достаточно было иметь текст лекции (зачастую написанный от руки), то теперь это целостный учебно-методический комплекс занятия, в который входит:

- текст лекции в электронном виде, предоставляемый для самостоятельной проработки студентами материала в полном объеме с описанием целей, которые на каждом занятии достигаются;
- части текста лекции в печатном виде, подготовленные для работы в группе;
- пошаговый алгоритм действий преподавателя по организации деятельности студентов;
- учебно-вспомогательный материал, позволяющий сделать процесс освоения материала целенаправленным и организованным (графические организаторы, вопросы, задания);

– подбор механизма аутентичной оценки результатов занятия.

Еще раз подчеркнем, что разработка приемов активного обучения осуществляется для достижения конкретных образовательных целей.

Глава 3

Приемы активного обучения, используемые в преподавании дисциплины «Избранные главы химии твердого тела»

Численность группы (8–13 студентов) позволяла нам перевести обучение в активную форму. Проблемами при переводе занятий в активную форму могут быть: а) большая наполняемость группы и б) специфика преподаваемого материала. Проведенный анализ содержания показал, что лишь одно занятие из курса – «Физико-химические и кристаллохимические основы явления изоморфизма» необходимо преподавать в форме лекции-беседы, все остальные занятия – в активных методах.

Основой для выстраивания занятий в активной форме послужила технология развития критического мышления. Концептуальными основами при выстраивании занятий в технологии развития критического мышления являлись:

- технологическая карта занятия, которая должна выдерживаться на каждом занятии, т.е. реализуются стадии «вызов», «осмысление», «рефлексия». При необходимости, для достижения образовательных целей, структура занятия может усложняться. Цепочка «вызов», «осмысление», «рефлексия» может повторяться неоднократно;
- при выстраивании занятий в технологии развития критического мышления основной задачей было определение методических приемов, которые, выполняя задачи стадий технологии, наиболее эффективны для отработки содержания курса. (Методический прием – это система действий, деятельность преподавателя и деятельность учащихся, направленная на достижение поставленной цели);
- на каждом занятии мы предусматривали сочетание индивидуальной и групповой форм работы с обязательным общим обсуждением и презентацией выполняемых работ.

Приемы технологии развития критического мышления для реализации активного обучения

Разноуровневые вопросы

Наиболее универсальным приемом, как для стадии «вызов», так и для двух других стадий технологии, является прием «разноуровневые вопросы». Для составления разноуровневых вопросов, соответствующих таксономии Блума для учебных целей, можно руководствоваться таблицей 3.

Опоры для вопросов и заданий в таксономии Б. Блума

1. Знание (воспроизведение информации)	2. Понимание (трансляция, интерпретация и экстраполяция)	3. Применение (в ситуации новой для студентов или под другим углом зрения)
Кто Сколько Опиши Когда Дай определение Назови Сосчитай Расскажи (воспроизведи) Составь список Составь утверждение	Скажи своими словами Что означает...? Назови одним словом Это то же, что и ...? Объясни, что происходит Укажи (покажи) Какие «ограничения» ты бы добавил? Какая часть здесь не подходит? «прочитай» таблицу, схему Переведи информацию из образной в вербальную (опиши словами) и наоборот. Составь план Каковы исключения? Что наиболее вероятно? Суммируй сказанное/прочитанное Подсчитай Какие предложения/факты подтверждают это? Сравни Найди «пару» Противопоставь Перефразируй Отдели (научись различать)	Предскажи (предположи), что будет, если... Классифицируй Выбери Каковы возможные результаты/следствия? Объясни Скажи, что бы случилось, если...? Насколько бы/как изменилась бы ситуация...? Изобрази в виде таблицы/графика Реши/разреши Проиллюстрируй своим примером Выбери лучшее утверждение, которое применимо/относится к...
4. Анализ (расчленение на части, формы)	5. Синтез (комбинирование элементов в схемы не повторяющие прежние)	6. Оценка (в соответствии с определенными критериями, пояснение, почему так оценили)
Каковы предпосылки Какой вывод можно сделать Какова функция (чего-то)... Какие идеи подтверждают выводы Какие идеи применимы/нет Каковы отношения между... Каковы мотивы/факты/условия Сформулируйте точку зрения (автора, ...) Наименее важные положения... В этом утверждении неявно подразумевается, что... Почему...? Какова основная идея/второстепенные идеи...? Каковы «убеждения» автора? Какое утверждение имеет отношение к .../не имеет...?	Создайте... Предложите альтернативу Сконструируй Реши проблему Спланируй Выбери Сформулируй правило/теорию Развей (от развить) ... мысль Предскажи Как бы ты проверил...? Представь (себе... Напиши сочинение (любую письменную работу) Что, если...	Что более важно, а что менее важно/логично/уместно/соответствует нормам морали и правилам поведения...? Найди ошибки Дай оценку/оцени значимость Дай моральную оценку Защити свои убеждения/позицию Отнесись критично Дай количественную и качественную оценку (отследи и сделай вывод) Как изменилось... Насколько изменилось

Прием может использоваться преподавателем:

- для организации дискуссии, т.к. вопросы разного уровня позволяют формулировать и высказывать различные мнения, в то время как вопросы на

воспроизведение информации позволяют получать однозначные ответы, которые не требуют дальнейшего обсуждения;

- для проверки знаний по теме. Задавая вопросы «высокого» уровня – уровня анализа, синтеза, оценки – преподаватель вправе рассчитывать на достижение таких целей, как формирование аналитического, творческого, рефлексивного мышления, формирование критического мышления;

- для формирования у студентов умения задавать вопросы разного уровня, т.к. составление вопросов также работает на развитие «высоких» уровней мышления. Кроме того, составляя вопросы по теме, студенты более осмысленно прорабатывают учебный материал.

«Закрытые» и «открытые» вопросы

Разновидностью разноуровневых вопросов является прием «закрытые» и «открытые» вопросы (или «толстые и тонкие» вопросы). Мы использовали этот прием на стадии «рефлексия» для проверки знаний по изученной теме. Этот прием можно использовать и на двух других стадиях, где он будет решать другие задачи.

В нашем курсе на стадии рефлексии вопросы составляли сами студенты, работая в группе, и задавали их поочередно другим группам. На некоторых занятиях прорабатывались материалы сразу двух лекций.

<i>Толстые ? вопросы</i>	<i>Тонкие ? вопросы</i>
В эту графу записываем те вопросы, на которые предполагается развернутый, «долгий», обстоятельный ответ Например: Какова связь между ...? (примеры)	В эту графу мы записываем вопросы, на которые предполагается однозначный, «фактический» ответ Например: Что такое...? (примеры)

В каждую группу выдавались задания.

Задание 1 группе

Выделить 6 ключевых понятий в лекции 6.

Составить к 3 ключевым понятиям по 1 «тонкому» вопросу, еще к 3-м – по 1 «толстому» вопросу. В вашем списке вопросы 1.1, 1.2, 1.3 – «тонкие» и 1.4, 1.5, 1.6 – «толстые» вопросы.

Оформить на листе бумаги в 2 экземплярах.

(Главное условие – студенты должны сами знать, как ответить на этот вопрос).

Задание 2 группе

Выделить 6 ключевых понятий по лекции 7.

Составить к 3 ключевым понятиям по 1 «тонкому» вопросу, еще к 3-м – по 1 «толстому» вопросу. В вашем списке вопросы 2.1, 2.2, 2.3 – «тонкие» и 2.4, 2.5, 2.6 – «толстые» вопросы.

Оформить на листе бумаги в 2 экземплярах.

(Главное условие – студенты должны сами знать, как ответить на этот вопрос).

3-я группа выполняла другое задание.

Для организации опроса мы разработали схему и очередность выступления групп, знакомили с ней студентов. Студенты работали в трех группах.

Подготовленные 1-ой группой вопросы передаются группам 2 и 3. Подготовленные 2-ой группой вопросы передаются группам 1 и 3. На доске представлена схема опроса. В группе необходимо ответить на вопросы, указанные в таблице.

Схема опроса:

«Тонкие» вопросы						«Толстые» вопросы					
6 лекция Вопросы 1 группы			7 лекция Вопросы 2 группы			6 лекция Вопросы 1 группы			7 лекция Вопросы 2 группы		
1.1	1.2.	1.3	2.1	2.2	2.3	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
2 гр.	3 гр.	2 гр.	1 гр.	3 гр.	1 гр.	3 гр.	2 гр.	2 гр.	3 гр.	1 гр.	1 гр.
+	+	+	+								
Группы отвечают на вопросы, и таблица заполняется по мере поступления ответов											

3. Опрос и обсуждение ответов в аудитории.

От групп представляются ответы на вопросы.

Группа, чей вопрос прозвучал, должна оценить правильность ответа и при необходимости внести дополнения.

Если группа, к которой обращен вопрос, затрудняется с ответом, возможна помощь от другой отвечающей группы. Если обе группы не могут ответить на вопрос, свой ответ оглашает группа, задавшая вопрос.

При такой схеме опроса каждая группа отвечает на два «толстых» и два «тонких» вопроса.

Три типа вопросов для проведения взаимопроса.

Взаимоопрос

На стадии рефлексии после чтения текста студенты составляют три типа вопросов (запись на доске):

I тип – на воспроизведение информации (фактически по тексту);

II тип – на понимание;

III тип – на применение.

Для облегчения работы можно дать студентам раздаточный материал:

ТИПЫ ВОПРОСОВ

ЗНАНИЕ (вопросы формального уровня) – это такие вопросы, которые задаются с целью получения фактологической информации. Они обычно требуют лишь механического вспомнания.

Примеры: Кто главные герои сказки «Репка»? Что они делали?

ПОНИМАНИЕ – это такие вопросы, которые требуют от учащегося при ответе трансформации информации в другую форму. Они задаются для раскрытия связей между идеями, фактами, определениями.

Примеры: Что объединило главных героев? Почему они собрались все вместе? Что из этого вышло? Что им помогло?

ПРИМЕНЕНИЕ – эти вопросы дают возможность решать проблемы или более глубоко исследовать проблемы логики или рациональной деятельности.

Примеры: Где еще можно применить такой подход к делу? Как бы Вы поступили на месте героев?

Для реализации взаимопроса в тексте выделяются категории информации. Из предложенных научных понятий выбираются категории информации для составления таблицы (по количеству групп). Предложения групп фиксируются на доске в таблице (приведен возможный вариант таблицы):

Тип вопроса	Закономерности термодинамики твердых растворов	Функции смешения	Термодинамические модели твердых растворов
	2 группа	1 группа	3 группа
I тип			
II тип			
III тип			

Каждая группа выбирает блок информации и составляет по этому блоку информации три вопроса (Необходимое условие: составляя вопрос, студенты должны знать или предполагать ответ на него).

Проведение взаимопроса

Группы задают друг другу вопросы, следуя алгоритму:

а) одна группа называет блок информации и тип вопроса, на который они хотели бы ответить;

б) группа, составлявшая этот вопрос, задает его, слушает ответ, выражая свое согласие или несогласие;

в) другие группы в это время готовятся также ответить на этот вопрос или выступить с дополнениями;

г) когда вопрос закрыт, на доске в соответствующей графе таблицы ставится крестик;

д) затем группа, которая задавала вопрос, имеет право выбрать, на какой тип вопроса и из какого блока информации она хотела бы ответить;

е) далее цикл повторяется до тех пор, пока все вопросы, подготовленные всеми группами, не будут заданы.

Еще один вариант работы с вопросами был разработан нами специально для этого курса. Был составлен список вопросов, часть из которых уже изучалась – то есть, они выполняли функцию рефлексии для проработанного ранее материала, а часть вопросов была составлена к материалу, который предстояло изучить на данном занятии, то есть служили вызовом к занятию.

Задание в группы. Из списка вопросов выберите те, на которые сможете ответить. Сформулируйте ответы, обсудите в группе. Выделите вопросы, на которые нужно найти ответ. Прочитайте текст, найдите в нем ответы на вопросы. Отвечаем, обсуждаем в аудитории.

Таблицы

Представим различные виды таблиц, которые специально разрабатывались авторами с учетом изучаемого материала для достижения поставленных целей.

В таблице 4 студентам необходимо заполнить ячейки примерами конкретных соединений, иллюстрирующих различные типы замещений. *Цель:* закрепить изучаемый материал, а также научиться классифицировать твердые растворы по видам замещения, что даст возможность воздействовать на многие полезные для практики свойства материалов и целенаправленно их регулировать.

Таблица 4

Типы твердых растворов замещения

Замещения, когда компоненты изоструктурны	И З О М	Замещения без изменения общего числа атомов в элементарной ячейке		
Изовалентный		Гетеровалентный		
Замещения, когда компоненты обладают различными структурами	О Р Ф И З М	Замещения с добавлением или вычитанием	Замещения с заменой положения	Замещения, где осуществляется совместно несколько типов

Таблица 5 предназначена для сравнения действия двух правил (правила Ретгерса и правила Вегарда) по определенным критериям. *Цель:* сравнить области применимости и действия правил по определенным критериям, что дает возможность осмысленно освоить материал и применять его в дальнейшем для доказательства образования или отсутствия твердого раствора в изучаемой системе, а также определения полей кристаллизации твердых растворов.

Сопоставление эмпирических правил Ретгерса и Вегарда

Правило Ретгерса	Критерии для сравнения	Правило Вегарда
Аддитивное изменение удельного веса или удельного объема с изменением состава изоморфной смеси (твердого раствора)	уравнения (как выглядят)	Аддитивное изменение размеров элементарной ячейки с изменением состава твердого раствора
	учитываемые параметры	
	единицы измерения результата	
	вводятся ли поправки	

Таблица 6 предназначена для детализации используемых методов исследования. Сводная таблица 6 позволяет за короткое время изучить (после ее заполнения) и сравнить по выделенным параметрам большой объем информации. *Цель:* обобщить и детализовать используемые методы исследования твердых растворов, определить их возможности, ограничения и целесообразность применения.

Таблица 7 может использоваться для активизации усвоения научной информации. Стратегическая направленность данного графического организатора на развитие рефлексивности в процессе познания помогает студентам наглядно продемонстрировать аргументацию, лежащую в основе оценки явления или идеи, сравнения различных методов изучения однотипных явлений. *Цель:* изучить, овладеть, закрепить материал, например, по различным методам расчета термодинамических функций смещения твердых растворов, и использовать его для презентации по данной теме. Необходимо заранее объяснить студентам, что из предложенных ими параметров нужно внести в таблицу самые важные, чтобы избежать избыточности.

Работа с ключевыми словами

Установление связи между понятиями

На доске представлены ключевые понятия темы: изоморфизм, твердый раствор, изовалентный изоморфизм, гетеровалентный изоморфизм, изодиморфизм, полиморфизм, изотипия.

Задание (индивидуальное): установите связи между понятиями. Принимаются любые варианты, между любыми понятиями.

Ответы заслушиваются в аудитории (Выступления по желанию).

Экспериментальные методы изучения твердых растворов

Метод исследования	Что позволяет определить	Параметры, измеряемые в эксперименте	Правила, законы, формулы, применяемые для получения результатов	Комментарии, примеры
Рентгенография порошков (качественный фазовый анализ)	Фазовый состав (наличие или отсутствие фазы)			Метод полезен при изучении фазовых диаграмм, в том числе для исследования образования твердых растворов, пределов растворимости, изменения этих пределов с температурой
Рентгенография порошков (прецизионный промер отражений)	Состав твердого раствора		Закон Вульфа–Брегга, правило Вегарда. Зависимость межплоскостных расстояний /объема ячейки от состава твердых растворов	Наблюдаются отклонения от поведения, предсказываемого правилом Вегарда.
Измерение плотности	Механизм образования растворов	Объем элементарной ячейки		Механизм внедрения приводит к возрастанию плотности (т.к. в элементарной ячейке появляются дополнительные атомы или ионы), тогда как вакансионный механизм может приводить к понижению плотности.
Дифференциальный термический анализ (ДТА)	Изменение температуры фазовых переходов от состава твердого раствора			
Рассеяние нейтронов	Структуру дефектов			

Оценка явления

Идеи метода	
Суть метода	
Достоинства метода	
Ограничения метода	
Ваши рекомендации по применению метода	

Мы использовали этот прием на стадии вызова. Поэтому вернулись к нему на стадии рефлексии после чтения текста и установили действительно существующие связи между понятиями – здесь уместна презентация от группы после индивидуальной работы.

Определение ключевых понятий

После чтения текста определить ключевые понятия темы.

Определение темы занятия по ключевым словам

На доске перед чтением лекции фиксируются ключевые слова темы. Студентам предлагается определить тему занятия.

Дополнение списка ключевых понятий

Перед сообщением преподавателя или чтением текста представляется список ключевых понятий темы. После знакомства с информацией необходимо дополнить этот список.

*Сопоставление словесного описания диаграмм (схем, формул) с их изображением**Выделение блоков информации*

Информация дается сплошным текстом. Предлагается разделить ее по смысловым блокам.

*Интерпретация рисунков, экспериментальных данных**Прием «Продолжите фразу»*

Мы использовали этот прием на стадии рефлексии после беседы преподавателя о назначении курса: «Продолжите фразу (индивидуальная работа): «По моему мнению, в данном курсе мы будем изучать...». Зафиксируйте. Обсудите в группе, зафиксируйте вашу общую формулировку, затем поделитесь своим выводом от группы в аудитории. Одновременно все первое занятие по выполняемым задачам являлось вызовом к изучению всего курса. Возможно использование этого приема как на вызове к отдельному

занятию, так и на стадии рефлексии. Если этот прием использован на стадии вызова, то необходим возврат к нему на стадии рефлексии для того, чтобы продолжить фразу после ознакомления с информацией.

«Продолжите фразу (индивидуальная работа): «По моему мнению, в данном курсе мы будем изучать не только (то, что было перечислено до чтения текста), но и ...». Зафиксируйте. Обсудите в группе, зафиксируйте вашу общую формулировку, затем поделитесь своим выводом от группы в аудитории.

Прием «Утверждения «Ложно–верно»

Применение этого приема возможно как на стадии вызова, так и на стадии рефлексии. Мы использовали его на стадии вызова. Перед чтением текста в группы выдается задание (Глава 2, пример описания занятия 1, задание). Часть утверждений в нем правильные, часть заведомо ложные. Преподаватель на доске в таблице фиксирует ответы групп соответствующими значками. На этой стадии правильность и неправильность ответов не обсуждаются, возможны только вопросы: «почему вы так думаете?». Возврат к утверждениям, зафиксированным в таблице, осуществляется после чтения текста и обсуждения результатов в группе. Здесь уже необходимо обсуждение результатов, исправление неверных предположений.

Прием «Перепутанные логические цепочки»

Этот прием обычно используется для восстановления хронологии событий. Мы использовали этот прием на стадии рефлексии, возможно использование его и на стадии вызова.

После чтения текста об истории становления изоморфизма в группу выдается перепутанная логическая цепочка (Глава 2, пример описания занятия 1, задание). Задание в группы: восстановите правильную хронологию событий. Каждая группа выполняет задание, выносит свои ответы на общее обсуждение.

На доске после обсуждения заполняется фиксирующая таблица с правильными ответами.

При использовании приема на стадии вызова в таблице для каждой группы должна быть предусмотрена соответствующая строка, куда вписываются ответы групп, а правильные ответы фиксируются при общем обсуждении после чтения текста.

Перепутанная логическая цепочка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 группа	2	4	6	7	10	1	3	8	5	9
2 группа	???	???								
3 группа	???	???								
Правильная логическая цепочка										

Прием ИНСЕРТ

Прием ИНСЕРТ используется на стадии осмысления – при чтении текста. Необходимо отмечать значками: известную информацию – (v), новую информацию (+), информацию, которая противоречит прежним представлениям (–) и непонятную информацию (?). Такой режим чтения – «чтение с пометками» приводит к отслеживанию понимания смысла текста. Не обязательно использовать весь набор значков, можно ограничиться одним, двумя, тремя значками – это зависит от того, какие цели преследуются.

Графические организаторы

С графическими организаторами (рис. 2) мы знакомили студентов на первом занятии, предлагая им выбирать подходящие для оформления структуры изучаемого материала или их презентаций по теме.

Наиболее активно в нашем курсе использовался кластер, причем мы начали работать с ним на первом занятии и дополняли и перерабатывали его практически на каждом занятии для структурирования всего курса. Это позволяло студентам увидеть логику всего курса и определить место каждой темы в структуре курса (правила построения кластера описаны ниже в разделе «Используемые стратегии»).

Используемые стратегии

Кроме отдельных, специальных приемов в технологии развития критического мышления разработаны устойчивые комплексы приемов, позволяющие достигать определенных результатов, называемые стратегиями.

Стратегия Зигзаг-2

Работа организована на стадии рефлексии после прочтения текста.

1. Организуем три группы (они называются рабочие или домашние) и в каждую из них выдается пакет вопросов и заданий для каждого участника группы. Если в группе 3 человека, то выдается три варианта заданий: 1, 2, 3. Желательно, чтобы задания были примерно равноценные по сложности (чтобы группы справлялись с ними примерно в одно и то же время). Каждый студент в группе должен выбрать вариант задания, который будет выполнять. (Если студентов больше, то у двух студентов будут одинаковые варианты заданий). Необходимо запомнить свою рабочую группу.

В каждой рабочей группе выдаются пакеты заданий:

Вариант 1.

Вариант 2.

Вариант 3.

2. Организуем группы экспертов – три экспертные группы по 3 или 4 человека.

Схема рассадки:

Например, рабочие группы имеют задания:

1) 1, 2, 3; 2) 1, 2, 3, 1; 3) 1, 2, 3, 2

Экспертные группы тогда состоят:

1) 1, 1, 1, 1; 2) 2, 2, 2, 2 3) 3, 3, 3

3. Объяснение заданий для экспертных групп.

На доске зафиксированы задания для экспертной группы:

I. Выполните совместно все задания. Задавайте друг другу уточняющие вопросы (вопросы, начинающиеся со слов: правильно ли я понял?). Вы должны согласовать позиции и выработать единую точку зрения.

II. Каждый должен вести все записи и создавать свой конспект для рассказа, чтобы потом представить их в своей рабочей группе.

На работу отводится определенное количество времени, после выполнения заданий каждый эксперт возвращается в свою рабочую группу.

4. Возвращение в рабочие группы.

На доске зафиксировано задание для рабочих групп. Первые два пункта универсальны для работы в Зигзаге:

1. По очереди предъявляют задания. Объясняют их выполнение.

2. Слушающие задают вопросы, вносят исправления, дополнения.

Эксперты отвечают на вопросы и замечания.

Третий пункт представляет новое задание, которое объединяет всю проработанную информацию в единое целое. В нашем курсе мы выбрали построение кластера.

3. Построение кластера по изученной информации.

4. Презентация.

Построению кластера студентов необходимо научить. Объяснение осуществляется на изучаемом материале: «Для систематизации материала курса мы будем использовать графический организатор материала, называемый кластером. Вы можете встретить другое название – «карта мысли» или «виноградная гроздь». Напишем тему: «изоморфизм», обведем ее. Рядом выделим крупный блок информации, изученный нами по этой теме, например, факторы, влияющие на поле изоморфных замещений. Из всех известных нам факторов выделяем блок кристаллохимических радиусов и факторов химической связи. Дробим информацию дальше, каждый блок выделенной информации обводим и соединяем их между собой. Можем выделить другой крупный блок информации: история открытия и изучения и также выделять менее крупные смысловые блоки информации и фиксируя все, вплоть до конкретных событий, дат и имен.

По мере продвижения по учебному материалу мы будем продолжать заполнять кластер – как крупными блоками информации, так и конкретными сведениями. Пример такого кластера на завершающем этапе заполнения приведен на рис. 4.

Стратегия «Взаимообучение»

Работа организована по группам.

1. В группе каждый получает текст лекции, который разделен на три части.
2. Каждую часть студенты читают последовательно и после чтения ее обсуждают.
3. При чтении на каждую часть текста назначается учитель и ученики.

Задачи учителя:

1. Перед чтением соответствующей части текста дает методическое задание, например: составить вопросы на понимание, или «толстый» и «тонкий» вопросы, предложить графический организатор для текста, разметить текст (галочкой отметить то, что известно, плюсом то, что совершенно новый для нас материал, знаком «?» – то, что непонятно и требует объяснения).

2. Читает текст вместе со всеми студентами.

3. После чтения текста подводит короткий итог: в этой части текста мы изучили..., проверяет выполнение задания, отвечает на вопросы

Задачи ученика:

1. Читает текст.

2. Выполняет задания учителя.

3. Следит за выполнением учителем своей функции.

4. Помогает учителю выполнить его функции.

Таким образом, последовательно прорабатываются все части текста.

Заключение

Современное развитие общества требует "инновационного обучения", которое сформировало бы у обучаемых способность к проективной детерминации будущего, ответственность за него, веру в себя и свои профессиональные способности влиять на это будущее.

Наш опыт проведения занятий в традиционной методике и в активных методах показал, что обучение в активной форме более эффективно как для достижения обучающих целей курса, так и для формирования общекультурных и профессиональных компетенций. Такие компетенции, как: логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; уметь работать в коллективе, сотрудничать с коллегами, адаптироваться к различным рабочим ситуациям; критически оценивать накопленный опыт и анализировать свои возможности; способность применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов – практически невозможно развивать в условиях традиционного обучения.

Отметим, что подготовка курса в активных методах требует серьезных дополнительных временных затрат:

преподавателю необходимо создать электронную версию курса, так как для организации самостоятельной активной работы студентов требуется раздаточный материал;

реализация нового подхода к форме проведения занятий требует повышения квалификации в области современной дидактики и новых педагогических технологий;

для достижения целей занятия необходимо продумывание пошаговой деятельности преподавателя и проектируемой деятельности студентов;

после проведения занятия необходим анализ и при необходимости внесение изменений в ход занятия для повышения его эффективности;

на руководство студенческим портфолио требуется также отведение дополнительного времени преподавателя.

В связи со значительными дополнительными временными трудозатратами работа по созданию курсов в активных методах ведется преподавателями-энтузиастами. Для того, чтобы переход к новой методике преподавания стал более масштабным, он должен сопровождаться, по нашему мнению, разработкой системы учета трудозатрат преподавателя на создание таких курсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования. М.: Академический проект, 2010. 342 с.
2. Педагогика и психология высшей школы : учеб. пособие для студ. и аспирантов вузов / отв. ред. М.В. Буланова-Топоркова. 3-е изд., перераб. и доп. Ростов н/Д : Феникс, 2006. 512 с.
3. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии: Учебное пособие. М.: Народное образование, 1998. 256 с.
4. Лернер И.Н. Дидактические основы методов обучения. М.: Педагогика, 1981. 186 с.
5. Бабанский Ю.К. Оптимизация процесса обучения. Общедидактический аспект. М.: Педагогика, 1977. 256 с.
6. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. / Под ред. Е.С. Полат. М.: Academia, 2000. 151с.
7. Загашев И.О., Заир-Бек С.И. Критическое мышление: технология развития. СПб : Альянс-Дельта, 2003. 284 с.
8. Mandell A., Michelson E., Keeton M.T. Portfolio Development and Adult Learning: Purposes and Strategies. Chicago: CAEL, 1990. 174 p.
9. Девисилов В.А. Портфолио и метод проектов как педагогическая технология мотивации и личностно ориентированного обучения в высшей школе // Высшее образование сегодня. 2009. № 2. С. 29-34.
10. Петьков В.И., Куликова Е.В. Создание электронного портфолио в качестве инструмента отслеживания формируемых компетенций в обучающих курсах (направление подготовки «Химия»). Методическое пособие [Электронный ресурс]. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. 71 с. Режим доступа: <http://www.unn.ru/books/resources.html> (Фонд электронных публикаций ННГУ. Рег. № 808.14.02 от 10.11.2014 г.).
11. Грудзинская Е.Ю., Петьков В.И. Активные методы в преподавании дисциплины «Изоморфизм. Твердые растворы» // Alma mater (Вестник высшей школы). 2012. № 12. С. 47-53.
12. Петьков В.И., Грудзинская Е.Ю. Активные методы в преподавании дисциплины «Изоморфизм. Твердые растворы». Курс лекций и описание занятий. Монография. Saarbrücken, Deutschland / Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2014. 169 с.
13. Лебедева М., Шилова О. Электронный портфолио в работе со студентами педагогического университета // Перемена. 2005. Т. 6. № 4. С. 21-25.

Автопортрет

Дмитриенко Антон

2014



Привет всем! Меня зовут Антон Дмитриенко. Я учусь на четвертом курсе химического факультета в ННГУ им. Лобачевского. В этой рубрике моего электронного портфолио я бы хотел познакомить читателя с моими навыками и умениями в рамках курса “Изоморфизм. Твердые растворы”, а также идеями и подходами к их реализации.

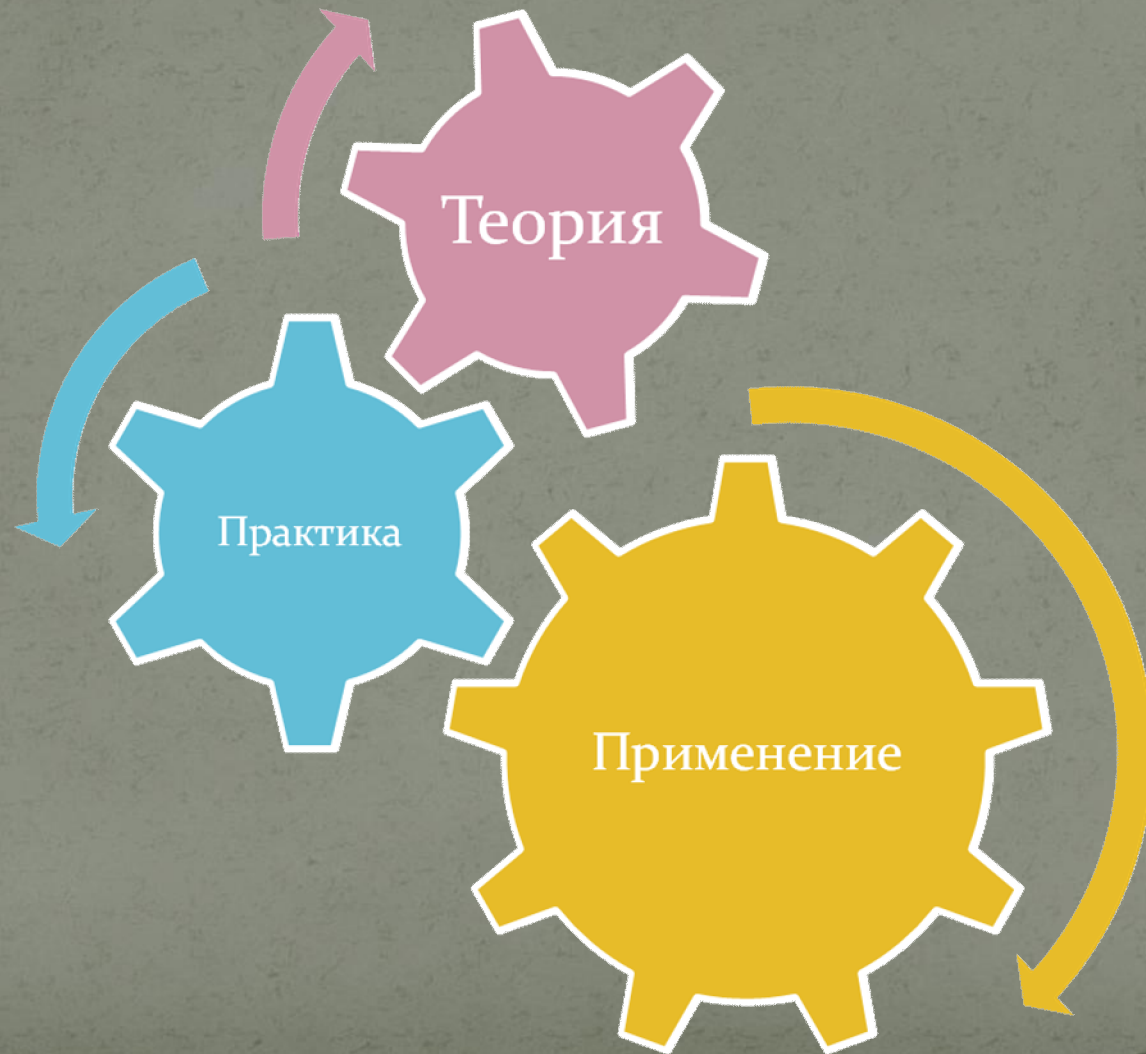
Содержание

1. Организация и принципы работы
2. Комплексный подход к изучению материала
3. Подключение области интересов для более полного изучения дисциплин и добывания знаний
4. Мотивация и настрой на работу
5. Работа на занятиях
6. Ведение портфолио
7. Три составляющих спецкурса

Организация и принципы работы

Для решения различных поставленных задач я использую комплексный подход. Он включает в себя изучение теоретических аспектов, попытка их реализовать с практической стороны в виде изучения и осмысления различных примеров и решения задач, а также создание собственных примеров, что служит оценкой усвоения данного материала. После изучения темы я задумываюсь о том, где можно воспользоваться полученными знаниями и как они смогут помочь мне в научной работе.

Комплексный подход к изучению материала



Во время проработки материала, я пытаюсь подключать область своих интересов, такие как программирование и использование английского языка.

- Создание различных программ упрощает многие расчеты и позволяет значительно сэкономить время обработки массивов данных.
- Многие известные научные работы и книги опубликованы только на английском языке. Знание этого языка необходимо для понимания и использования информации, размещенной в этих работах.

Подключение области интересов для более полного изучения дисциплин и добывания знаний

Интересы

Программирование

Изучение и применение
Английского языка

Phosphate Sulfate Invoker v1.0

Product: Formula, Required mass (g), Mol. Mass (g/mol), Amount of substance (mol)

Solution of zirconium: Formula, Group multiplier, Mol. Mass (g/mol), Concentration (mol/l), Amount (mol)

Salt: Formula, Element multiplier, Mol. Mass (g/mol), Met.Mol. Mass (g/mol), Amount (mol)

Oxide/Salt: #2, Formula, Element multiplier, Mol. Mass (g/mol), Met.Mol. Mass (g/mol), Amount (mol)

Sulfuric acid: Group multiplier, Mol. Mass (g/mol), Concentration (mol/l), Amount (mol)

Phosphoric acid: Group multiplier, Mol. Mass (g/mol), Concentration (mol/l), Amount (mol)

Control: Ready, Invoke, Revoke, Standby

designed by Anton S. Dmitriyenko

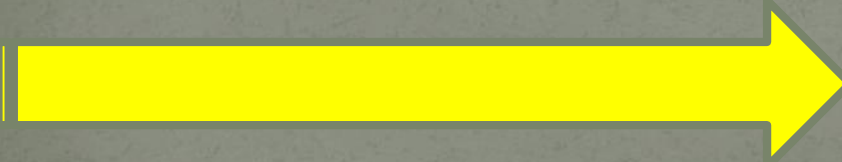
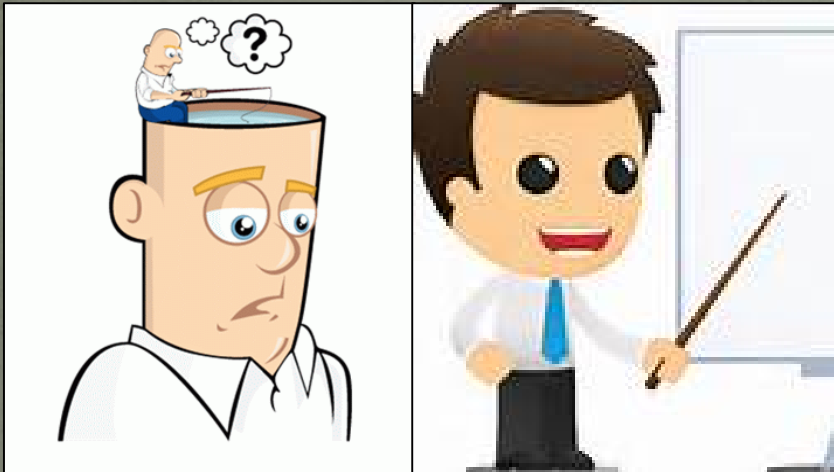
Frances Eales
Steve Oakes

speakout
Upper Intermediate
Students' Book

speakout
Intermediate
Flexi Course Book 1

Мотивация и настрой на работу

Для успешного и качественного усвоения материала нужно быть мотивированным на работу. Специальный курс “Изоморфизм. Твердые растворы” ведется в необычной форме. Вместо обыденной формы чтения материала на лекциях занятия проводятся креативно и интересно. Изучением теоретического материала мы занимаемся дома. А в аудитории мы прорабатываем его в различных формах.



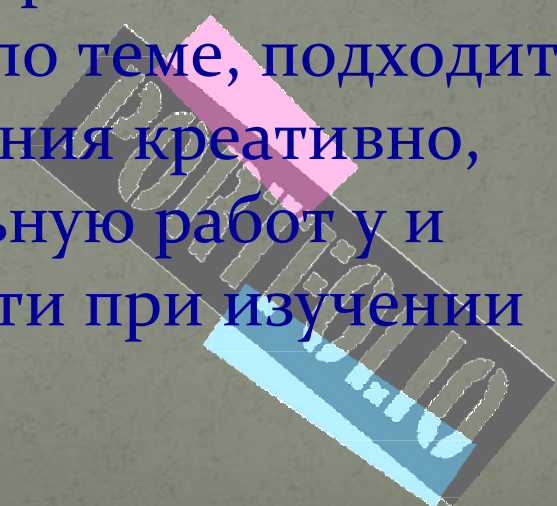
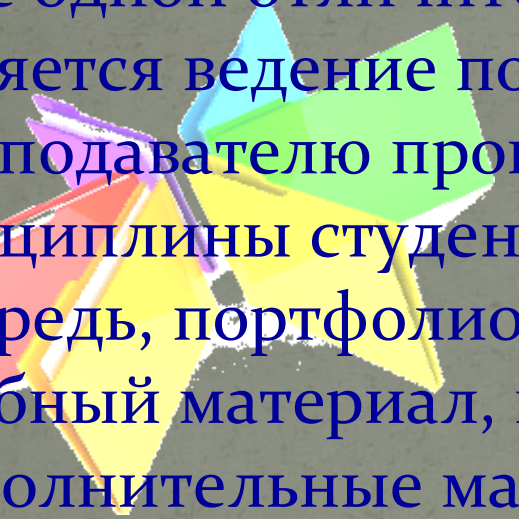
Работа на занятиях

На занятиях мы можем быть членами “научных групп”, которые специализируются в разных областях, “преподавателями” или просто коллегами. Преподаватель выполняет роль организатора занятий и предлагает возможные виды их проведения. Это создает ненапряженную обстановку, комфортную для качественного обучения и прививает навыки, необходимые для выступления на конференциях, ведения научной деятельности и т.д.

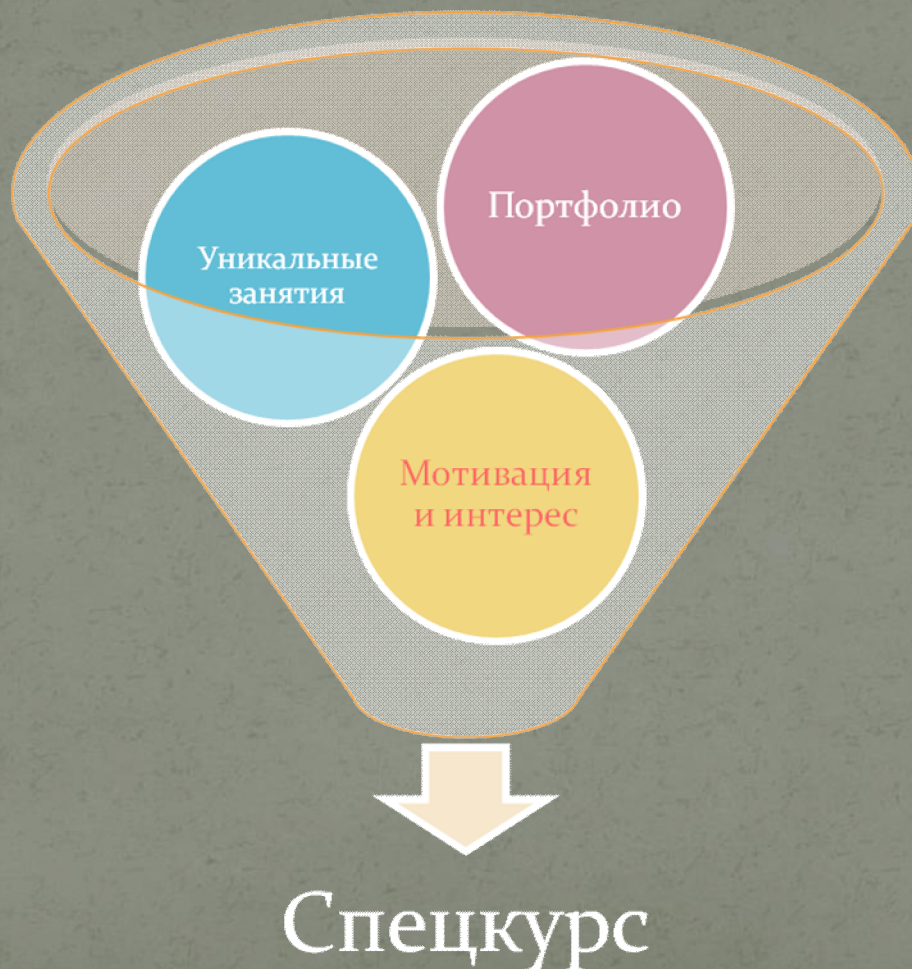


Ведение портфолио

Еще одной отличительной чертой наших занятий является ведение портфолио, позволяющее преподавателю проверять ход изучения дисциплины студентом. А студенту, в свою очередь, портфолио позволяет упорядочить учебный материал, помещать различные дополнительные материалы по теме, подходить к выполнению домашнего задания креативно, оценивать свою самостоятельную работу и выявлять различные трудности при изучении дисциплины.



Три составляющие нашего спецкурса



Спасибо за внимание!
