

УДК 544.012: 378.147

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ПРЕПОДАВАНИИ ФАЗОВЫХ
ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ В КУРСЕ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»****Марейчева Е.Е., Ильина Е.Б.***Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва,
e-mail: elena2558@mail.ru, helen_ilyina@mail.ru*

Современное образование характеризуется переходом на креативную парадигму, что требует включения в образовательный процесс технологий, ориентированных на развитие у студентов творческого, продуктивного мышления. Авторы ставили перед собой цель разработать инновационные подходы к преподаванию курса «Физическая химия» для студентов-второкурсников технического вуза. В статье приводится описание разработанных авторами заданий для курсовой работы с использованием т.н. условных диаграмм состояния, изучение которых позволяет активизировать критическое мышление у студентов, способствует выявлению причинно-следственных отношений между теорией и практикой. В статье в ходе сравнительного анализа классических заданий по теме «Фазовые равновесия и фазовые диаграммы состояния» и новых, предложенных авторами, демонстрируются подтвержденные практикой преподавания в МАТИ (МАИ) преимущества последних.

Ключевые слова: физическая химия, креативное образование, инновации, диаграмма состояния, курсовая работа

**INNOVATIVE APPROACH TO TEACHING THE PHASE DIAGRAM
IN «PHYSICAL CHEMISTRY» COURSE****Mareicheva E.E., Ilyina E.B.***Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow,
e-mail: elena2558@mail.ru, helen_ilyina@mail..ru*

Modern education is characterized by transition to a creative educational paradigm. Such transition requires to include educational technologies, focused on development creative and productive thinking among students. The authors goal was to develop innovative approaches to teaching «Physical Chemistry» course for second-course students of a technical university. This article describes the tasks developed by the authors for the course work dealing with conventional state diagrams, studying of which allows to activate critical thinking among students and helps them to identify cause-and-effect relationship between theory and practice. In this article stays the comparative analysis of the classical tasks in course «Phase equilibria and phase diagrams of the state» and the innovate tasks, proposed by the authors; the article shows the advantage of innovate tasks usage, are confirmed by the practice of teaching in МАТИ (МАИ).

Keywords: physical chemistry, creative education, innovation, phase diagram, coursework

Физическая химия – дисциплина высшей школы, которая преподается не только на химических факультетах, но и во всех вузах, где готовят специалистов – технологов самого разного профиля: материаловедов, металлургов, фармацевтов и др. В этих вузах, как правило, физическую химию изучают студенты второго, реже третьего курса, т.е., практически, недавние выпускники школ. Отсутствие у большинства студентов младших курсов развитого системного мышления всегда делало задачу освоения физической химии весьма сложной, а порой и непосильной. Сегодня многие вузы столкнулись еще и с тем, что студенты младших курсов вообще стали хуже усваивать вузовскую программу в связи с нарастающей год от года проблемой качества знаний абитуриентов.

Падение уровня знаний у выпускников школ в последние десять-двадцать лет в литературе обсуждалось неоднократно. Основной причиной считается резкое падение

уровня теоретического образования школьников, которое произошло после середины 80-х годов. Но не менее пагубное влияние на трудность освоения студентами дисциплин высшей школы сыграл и тот факт, что в главных завершающих стадиях школа перешла на всех видах контроля к письменным работам, взяв ориентир на развитие, в основном, технических навыков. Исчезли устные экзамены по базовым фундаментальным дисциплинам (математике, физике, химии), где превалировала речь как средство формирования и формулирования мысли – именно той формально-логической мысли, теоретико-логического рационального мышления, без которого переход к базовым дисциплинам высшей школы состояться не может. Отсутствие теоретико-фундаментального мышления у выпускников со средним образованием как раз и определяет негативные явления в изучении студентами (особенно на младших курсах) сложных теоретических дисциплин

базового естественнонаучного образования, и, в частности, физической химии.

Высшая школа также внесла свою лепту в снижение уровня начальной подготовки абитуриентов, упростив до предела механизм поступления в вуз.

Однако независимо от объективных причин, вузы должны выпускать конкурентоспособных специалистов. Жизненный успех современного выпускника вуза, какую бы специальность он ни приобрел, зависит, прежде всего, от способности системно мыслить и действовать, от готовности к инновациям и умению находить новые решения. Поэтому в современных условиях к основной задаче образования – овладению студентами знаниями, навыками и умениями в рамках учебных программ, добавляется задача обучения студентов создавать инновации в различных областях деятельности. Это диктует необходимость включения в образовательный процесс технологий, опирающихся не только на процессы восприятия, памяти, внимания, но, прежде всего, на творческое, продуктивное мышление. Другими словами, образование XXI века знаменуется переходом на креативную (творческую, созидательную) парадигму образования.

К формам креативного образования следует относить не только модные технологии проведения занятий, как то «мозговой штурм», «кейс-методы», «круглый стол» и т.д., но и новые подходы к подаче лекционного материала, к составлению заданий для самостоятельной работы. Образовательные технологии должны стимулировать студента к использованию знания в качестве инструмента деятельности, приучать их мыслить критически, выявлять причинно-следственные отношения между теорией и практикой.

Одним из таких подходов можно считать разработанную авторами комплексную систему обучения и проверки знаний по теме «Фазовые равновесия и фазовые диаграммы состояния» в курсе «Физическая химия». Помимо обучения основным положениям фазовых равновесий, авторы ставили перед собой задачу активизировать аналитическое мышление студентов и способность самостоятельно выбирать правильные подходы к решению поставленных задач, базируясь на теоретических знаниях.

Основное внимание авторы уделили пересмотру заданий для курсовой работы студентов – второкурсников по анализу двухкомпонентных фазовых диаграмм состояния.

Диаграммы состояния широко используются на практике в физико-химическом

анализе, особенно в материаловедении и металлургии, поэтому изучение различных типов диаграмм осуществляется при обучении студентов большого круга специальностей. Но если на старших курсах студенты знакомятся с диаграммами конкретных составов – реальными многокомпонентными диаграммами, необходимыми им в их будущей профессиональной деятельности, то студенты-второкурсники изучают более простые двухкомпонентные фазовые диаграммы; они учатся их «читать», получая из «абстрактного рисунка» сведения о состоянии фаз в различных условиях, фазовых переходах, взаимной растворимости компонентов в различных состояниях, варианности системы, и т.д.

В учебной литературе имеется достаточное количество заданий по диаграммам состояния [1], и все они «привязаны» к реальным диаграммам (назовем эти задания «классическими»). Круг этих заданий невелик и сводится, в основном к следующим требованиям:

1. Построить диаграмму по зависимости температура – состав или давление – состав (построение «по точкам»).
2. Построить диаграмму по результатам термодинамических расчетов.
3. Рассчитать количество и состав равновесных фаз.
4. Построить кривые охлаждения.

Такого рода задания никак не могут быть отнесены к подходам креативного образования: 1) Построение диаграммы по точкам требует лишь внимательности и аккуратности, специальных знаний не требуется. 2) Термодинамический расчет является очень трудоемким и монотонным занятием. Современные студенты прекрасно понимают, что развитие информационных технологий и вычислительной техники привело к появлению множества стандартных программ, позволяющих решить почти любую математическую задачу. А потому никакого интереса к выполнению подобных заданий не проявляют. 3) Расчет количества, состава фаз, построение кривых охлаждения для заданных составов – выполняются в соответствии с правилами, рассмотренными в примерах. Эти задания проверяют лишь запоминание соответствующих правил.

Ориентируясь на необходимость совершенствования методического обеспечения учебного процесса в направлении развития самостоятельного творческого аналитического мышления у студентов, авторами была предпринята попытка пересмотреть «классические задания» для курсовой работы. При этом было принято решение

для ряда заданий использовать не реальные диаграммы состояния, а условные.

Условные диаграммы состояния – это диаграммы, соответствующие определенным фазовым равновесиям в общем виде, без привязки к конкретным веществам. Отказ от реальных диаграмм обуславливается следующими причинами:

1. Лишь относительно небольшое количество реальных диаграмм имеет достаточно простой вид, пригодный для изучения студентами младших курсов, не знакомых еще со специальными дисциплинами.

2. Для обезличенной системы имеются гораздо более широкие возможности формулирования заданий, чем для системы конкретных составов.

3. Появляется возможность обеспечения индивидуальными заданиями примерно равной сложности всего курса студентов. Авторами были составлены около ста различных заданий с условными диаграммами состояния для курсовых работ по двухкомпонентным диаграммам плавкости.

В курсовой работе, в первую очередь, была изменена постановка задачи, связанная с самим построением диаграммы состояния. Авторы «ушли» от принципа построения по заданным зависимостям «температура-состав» как от неэффективного, поскольку его выполнение требует от студента лишь формального подхода, не имеющего никакого отношения к разделу физической химии «фазовые равновесия».

Для построения условной диаграммы плавкости в новых предлагаемых заданиях указываются «ключевые» точки: температуры плавления чистых компонентов; наличие в предполагаемой системе химических соединений (конгруэнтных или/и инконгруэнтных) их температуры плавления или разложения; температуры невариантных превращений; растворимость компонентов в твердом и жидком состояниях. Например: температуры плавления компонентов А и В соответственно равны 1105К, 710К; химическое соединение в системе отсутствует; температура невариантного превращения – 540К, состав жидкой фазы при 540К – 40 мольн.%А; растворимость в твердом состоянии А в В: минимальная 5 мольн.%А, макс. – 15 мольн.%А; растворимость в твердом состоянии В в А отсутствует; в жидком состоянии компоненты растворимы неограниченно.

Чтобы построить диаграмму по приведенному условию студенту необходимо, как минимум, ознакомиться с диаграммами, имеющими невариантное превращение (эвтектического или перитектического типов), химическое соединение (конгруэнтное

или инконгруэнтное); разобраться с положением линий ликвидус и солидус; знать, что растворимость веществ в твердом состоянии увеличивается с ростом температуры, достигает своего максимального значения при температуре невариантного превращения и соответствует линиям ограниченной растворимости (ретроградная растворимость в курсе не рассматривается) и т.д.

Очевидно, что построение диаграммы по приведенному условию кардинально отличается от классического – «по точкам». Во-первых, в данном случае, диаграмму можно построить, только предварительно проработав теоретический материал и изучив различные виды диаграмм плавкости. Во-вторых, – это комплексное задание – производя построение, студент получает наглядную интерпретацию по смежным вопросам, таким как, правило фаз Гиббса, вариантность системы, зависимость растворимости в твердой фазе от температуры и т.д. И, в третьих, для современного студента, выросшего в период бурного развития компьютерных технологий, познающего мир через компьютерные игры, такое задание – своего рода игра, «шарада», «пазлы», сложив которые, он получает искомую картинку, т.е. становится победителем в очередной игре. Наличие игровой компоненты, как эффективного педагогического приема для современных студентов младших курсов, т.н. поколения Z, не раз обсуждалось в психолого-педагогических работах. Этот игровой момент приводит к заинтересованности студента в выполнении задания.

Помимо построения условной диаграммы состояния в курсовой работе предусмотрены и другие задания, также отличающиеся от «классических». Например, в классических заданиях требуется построить диаграмму термодинамическим способом. Это задание предполагает трудоемкий математический расчет свободных энергий Гиббса для разных составов, включающий в себя использование справочных термодинамических характеристик и интегрирование сложных функций. К сожалению, математическая культура современных студентов не растет, а падает, т.к. существующая система вступительных экзаменов не препятствует поступлению в ВУЗ выпускников школ, не владеющих самыми элементарными знаниями арифметики и геометрии: при поступлении проверяют только умение решать стандартные задачи, которым можно овладеть чисто формально. Поэтому при выполнении такого задания большая часть студентов концентрируется на самих расчетах, правильно рассчитать интегралы – для них уже глобальная цель.

А для освоения разделов физической химии будущему инженеру требуется скорее не умение самому совершать сложные математические действия (брать интегралы, вычислять производные, рассчитывать функции распределения), а понимание того как это делается, способность сформулировать задачу для компьютера или для профессионального математика и, главное, умение анализировать полученный конкретный результат. А при изучении фазовых диаграмм состояния будущему инженеру необходимо, в первую очередь, разобраться во взаимосвязи термодинамических характеристик системы с положением линий на диаграммах.

В новых предлагаемых вариантах курсовой работы математический расчет термодинамических функций заменен на задание, в соответствии с которым необходимо нарисовать условные концентрационные зависимости свободных энергий Гиббса при определенных температурах для всех фаз рассматриваемой диаграммы, и показать, как графически по этим кривым можно определить составы фаз, находящихся в равновесии.

Такое задание исключает монотонные арифметические операции, но активизирует процесс аналитического мышления, заставляя студента разбираться во взаимосвязи наглядной модели равновесной системы (диаграммы состояния) и термодинамического подхода к фазовому равновесию.

Это задание, по своей сути, тоже является комплексным, т.е. требует для своего решения широкого спектра знаний: о химическом потенциале, о графическом отображении свободной энергии Гиббса и ее зависимости от температуры и концентрации,

о термодинамической устойчивости фаз, об условиях фазового равновесия и его геометрической интерпретации, и т.п.

Задания с условными диаграммами состояния были использованы в практике преподавания физической химии студентам МАТИ им. К.Э. Циолковского (в наст. вр. МАИ). Ознакомиться с частью предлагаемых заданий можно в учебном пособии по фазовому равновесию в двухкомпонентных системах [2]. Анализ проверки знаний по усвоению темы «Диаграммы состояния» у студентов, которые выполняли задания с условными диаграммами состояния, показал более глубокое понимание студентами этого раздела, по сравнению с теми, кто выполнял «классические задания».

Авторы убеждены, что непрерывное совершенствование методики преподавания курса физической химии, который содержит немало понятий, фактов, идей и закономерностей, достаточно сложных для восприятия и понимания современными студентами, необходимо для того, чтобы основные положения и понятия этой науки – фундаментальной основы многих специальностей – органично вошли в научный багаж студентов, чтобы они могли в дальнейшем творчески их использовать в решении важных вопросов в своей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Кудряшов И.В., Каретников Г.С. Сборник примеров и задач по физической химии: Учебное пос. – 6-е изд. – М.: Высш. школа, 1991.
2. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах: учеб. пособие / Е.Б. Ильина, Н.М. Хохлачева, Н.Ф. Истомина, Е.Е.Мареичева; под ред. П.Г. Бабаевского. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 130 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/18823.