

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра химии, новых технологий и материалов



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической работе

подпись

/ Деникин А.С./
Фамилия И.О.

« 01 » 02 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Физическая химия

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направленность (профиль) программы:

Физическая химия

Форма обучения очная

Дубна, 2016

Авторы программы:

доктор химических наук, профессор П.П. Гладышев

кафедра химии, новых технологий и материалов Гладышев
(подпись)

кандидат химических наук, доцент М.В. Дмитриовская

кафедра химии, новых технологий и материалов Ефимова
(подпись)

ассистент Е.С. Попова

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки высшего образования 04.03.01. Химия

Программа рассмотрена на заседании кафедры химии, новых технологий и материалов

Протокол заседания № 1 от «22» 01 2016 г.

Заведующий кафедрой С.В. Моржухина
(Фамилия И.О., подпись)

и.о.декана факультета О.А. Савватеева
«26» 01 2016 г.

Эксперт д.х.м., проф. СПбГТУ(ГУ), Слободов А.А.
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность;
подпись, заверенная по месту работы)

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Преподавание физической химии в университете ставит своей главной целью раскрыть смысл основных законов, научить студента видеть области применения этих законов, четко понимать их принципиальные возможности при решении конкретных задач. Основные разделы современной физической химии - химическая и статистическая термодинамика, химическая кинетика, катализ, электрохимия.

Задачи дисциплины:

Заложить фундаментальные знания основ современных теорий в области физической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач в любых областях химии.

Сформировать у студентов систему знаний и навыков, необходимых для самостоятельных действий: постановки задач физико-химического исследования в химических системах, выбора оптимальных путей и методов решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических; обсуждения результатов физико-химических исследований, ориентироваться в современной литературе по физической химии, вести научную дискуссию по вопросам физической химии.

Научить подходам проведения физико-химических расчетов с помощью известных формул и уравнений, в том числе с помощью компьютерных программ, проведения стандартных физико-химических измерений, использования справочной литературы по физической химии.

2. Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются: химические элементы, простые молекулы и сложные соединения в различном агрегатном состоянии (неорганические и органические вещества и материалы на их основе), полученные в результате химического синтеза (лабораторного, промышленного) или выделенные из природных объектов

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Программа дисциплины «Физическая химия» относится к базовой части блока Б1.

Физическая химия представляет собой теоретический фундамент современной химии. В свою очередь, химия является важнейшей составной частью естествознания. Поэтому физико-химические теории химических процессов используют для решения самого широкого круга современных научных и технических проблем.

Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых студентами необходимо для изучения дисциплины «Физическая химия»:

- Неорганическая химия
- Математика (дифференциалы и интегралы).
- Физика

Изучение дисциплины «Физическая химия» дает основу для изучения как последующих курсов химического профиля:

- Высокомолекулярные соединения
- Химическая технология
- Термодинамика природных и техногенных систем
- Коллоидная химия
- Химия полимеров
- Общая геохимия и космохимия
- Фотохимия
- Радиохимия
- Термические методы анализа

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОК-6, Первый уровень (пороговый) ОК-6-I Способность работать в коллективе	З(Б-ОК-6)-I Знать: принципы функционирования профессионального коллектива, понимать роль корпоративных норм и стандартов У(Б-ОК-6)-I Уметь: работать в коллективе, эффективно выполнять задачи профессиональной деятельности
ОК-7 способность к самоорганизации и самообразованию	У2 (Б-ОК-7) Уметь: самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности.
ПК-1- способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам *) **, ***, ****)	Знать: З1(ПК-1) принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования Уметь У1(ПК-1) Проводить анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов У2(ПК-1) Осуществлять выбор методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования
ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры *) **, ***, ****)	Знать: З1(ПК-2) Основное лабораторное оборудование, соответствующее целям и задачам исследования, принципы действия, методы проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений Знать З2(ПК-2) существующие методы и методики оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимость и достоверности Уметь У3(ПК-2) - Проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов
ПК-3- владением системой фундаментальных химических понятий *) **, ***, *****)	Уметь У1(ПК-3) Проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов
ПК-4- способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов *) **, ***, *****)	Знать: З1(ПК-4) теоретические и методологические основы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач Уметь У1(ПК-4) Проводить анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов Уметь У3(ПК-4) Проводить корректировку и разработку методик комплексного анализа структуры и свойств веществ и материалов Владеть В1(ПК-4) навыками применения новых методов получения, испытания и оценки новых веществ и материалов Уметь У2(ПК-4) Проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли

<p>ПК-5- способностью получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий (*), (**), (***), (****), (*****);</p>	<p>Знать: З1(ПК-5) основные методы обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности</p> <p>Уметь У2(ПК-5) - Выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных</p> <p>Владеть В1(ПК-5) приемами и технологиями систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач.</p>
<p>ПК-6- *, (**), (***), (****), (*****) владением навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций;</p>	<p>Уметь У1(ПК-6) Проводить анализ результатов лабораторного эксперимента</p> <p>Уметь У2(ПК-6) Составлять протокол и отчет по результатам исследований</p>
<p>ПК-7- владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (*), (**), (***), (****), (*****))</p>	<p>Знать: З1(ПК-7) Методы безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием</p> <p>Уметь У1(ПК-7) формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности</p>

результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта

*) СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. N 604н)

**) Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «10» июля 2014 г. №447н)

***) Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам (утв. Министерством труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. N 121н)

****) Специалист по метрологии (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. N 124н)

*****) СПЕЦИАЛИСТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И МОДИФИКАЦИИ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 593н)

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 15 зачетных единиц, всего 540 часов, из которых:

272 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

136 часов – лекционные занятия;

68 часов – практические занятия;

68 часов – лабораторные занятия;

196 часов составляет самостоятельная работа обучающегося

72 часов – мероприятия промежуточной аттестации, экзамен

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них		
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к практической работе	Всего
6 семестр										
Введение. Уравнения состояния. Фазовые диаграммы. Применение правила фаз к разбору диаграмм состояния однокомпонентных систем	14	4		2	2	устный опрос в конце лекции, на практическом занятии	8	3	3	6
Фазовые диаграммы. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах	18	4		4	4	устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	12	3	3	6
Построение простейшей фазовой диаграммы в Р-Т координатах. Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса	16	4		4		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, коллоквиум	8	8		8
Основы химической термодинамики. Адиабатный процесс. Термодинамика. Первый закон термодинамики.	27	4		8	8	устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	18	3	6	9
Энтропия. Второй закон термодинамики. Теплоемкость. Третий закон термодинамики.	21	4		4	4	устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	12	3	6	9
Термодинамические потенциалы.	14	4		4		устный опрос в конце лекции, на практическом занятии, коллоквиум, дом. работа	8	6		6
Равновесие.	24	4		4	4	устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	12	6	6	12
Методы оценки термодинамических свойств веществ.	12	4			2	отчет по лаб. работе, защита лаб. работы,	6		6	6
Термодинамическая теория растворов. Способы выражения концентраций растворов. Закон Рауля	10	4				устный опрос, проверочная работа, коллоквиум	4	6		6

Теория электролитической диссоциации.	16	4		2	4	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. я работа, проверочная работа, коллоквиум	10	3	3	6
Активность. Теория Дебая — Хюккеля. Коэффициенты активности отдельных ионов.	17	4		2	2	устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	8	3	6	9
Фугитивность. Термодинамические свойства жидкой воды. Осмотический коэффициент растворителя. Теплоемкости и объемы водных растворов.	10	4				устный опрос, проверочная работа, коллоквиум	4	6		6
Окислительно-восстановительные процессы. Электролиз. ОВР.	17	4		2	2	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. практ. работа, проверочная работа, коллоквиум	8	3	6	9
ЭДС. Формула Нернста. Электродные потенциалы.	12	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, проверочная работа, коллоквиум	6	6		6
Кристаллическое состояние веществ. Кристаллохимия.	12	4			2	отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом.	6	3	3	6
Твердые растворы.	10	4				устный опрос, проверочная работа, коллоквиум	4	6		6
обобщающая лекция	4	4				устный опрос на практическом занятии, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, дом. работа, коллоквиум	4			
		68		34	34		136			116
промежуточная аттестация – зачет, экзамен	36									
7 семестр										
Основные понятия статистической термодинамики. Ансамбли.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, реферат, доклад	6			5
Сумма по состояниям и статистический интеграл.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Статистический расчет термодинамических свойств.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Закон действующих масс и статистическая термодинамика.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Основные понятия химической кинетики	9	2		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	4			5

Кинетика реакций целого порядка.	19	4		2	8	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	14			5
Влияние температуры на скорость химических реакций.	21	4		2	10	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	16			5
Кинетика сложных реакций	17	2		2	8	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	12			5
Макрокинетика. Приближенные методы химической кинетики.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Определение и общие принципы катализа.	19	4		2	8	устный опрос на практическом занятии, дом. работа, отчет по лаб. работе, защита лаб. работы, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	14			5
Гомогенный, гетерогенный, ферментативный и кислотно-основной катализ.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Фотохимические реакции.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Теории химической кинетики.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Химическая динамика.	13	6		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	8			5
Элементы неравновесной термодинамики.	11	4		2		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	6			5
Физико-химия наноразмерных систем	17	8		4		устный опрос на практическом занятии, дом. работа, контрольная работа, коллоквиум, реферат, доклад	12			5
Обобщающая лекция	2	2					2			
		68		34	34		136			80
промежуточная аттестация- курсовая работа, экзамен	36								X	

Содержание разделов дисциплины

6 семестр

1. Введение. Уравнения состояния. Фазовые диаграммы. Применение правила фаз к разбору диаграмм состояния однокомпонентных систем. Уравнения состояния. Условия термодинамического равновесия между фазами. Понятия фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям. Определение фазовой диаграммы, фигуративной точки. Описание однокомпонентной Р-Т-V фазовой диаграммы и ее проекций. Описание тройной точки. Описание критической точки. Уравнение Клаузиуса. Уравнение Клаузиуса-Клайперона.

2. Фазовые диаграммы. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Двухкомпонентные фазовые диаграммы: 7 вариантов трехфазного равновесия в конденсированных системах. Определение солидуса и ликвидуса. Треугольник Гиббса-Розебома, его свойства (с примерами). Нанесение состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Гиббса. Нанесение состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Розебома.

3. Построение простейшей фазовой диаграммы в Р-Т координатах. Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса.

4. Основы химической термодинамики. Адиабатный процесс. Основные понятия: химическая система (открытая, закрытая, изолированная), гомогенная и гетерогенная системы, компонент. Интенсивные и экстенсивные параметры. Постулаты и законы химической термодинамики. Первый закон термодинамики. Основные формулировки и его аналитическое выражение. Энтальпия, ее свойства, зависимость от температуры. Термохимия, закон Гесса, измерение и вычисление тепловых эффектов химических реакций. Стандартное состояние вещества. Адиабатный процесс.

5. Энтропия. Второй закон термодинамики. Теплємкость. Третий закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Энтропия, ее определение и свойства. Расчет изменения энтропии в различных процессах. Соотношения Максвелла. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Статистическое определение энтропии (формула Больцмана).

6. Термодинамические потенциалы.

Термодинамические функции и фундаментальные уравнения Гиббса. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Их определение, свойства, связь с работой. Связь энтальпии, энтропии и энергии Гиббса.

7. Равновесие. Химические и адсорбционные равновесия. Условия равновесия химической реакции. Закон действующих масс. Способы выражения констант равновесия химических реакций. Активность, коэффициенты активности. Влияние температуры на химическое равновесие, уравнения изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа. Влияние температуры и давления на смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье.

8. Методы оценки термодинамических свойств веществ.

9. Термодинамическая теория растворов. Способы выражения концентраций растворов. Закон Рауля. Растворы, виды растворов, способы выражения концентраций. Идеальные растворы. Признак идеальности. Давление пара растворителя над раствором, закон Рауля.

10. Теория электролитической диссоциации. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса, ее значение и недостатки.

11. Активность. Теория Дебая — Хюккеля. Коэффициенты активности отдельных ионов. Теория электролитов: Электролитическая теория Дебая-Хюккеля, основные положения. Активность электролитов, коэффициент активности электролитов. Средняя ионная активность и средний ионный коэффициент активности, их связь. Расчет среднего ионного коэффициента активности через ионную силу раствора.

12. Фугитивность. Термодинамические свойства жидкой воды. Осмотический коэффициент растворителя. Теплємкости и объемы водных растворов.

13. Окислительно-восстановительные процессы. Электролиз. ОВР. Электроды. Ионная теория электролиза. Законы электролиза. Окислительно-восстановительные реакции.

14. ЭДС. Формула Нернста. Электродные потенциалы. Электрохимические цепи, гальванические элементы. Схема и форма записи простейшего элемента. Электродвижущие силы. Электродный потенциал, зависимость от активности ионов в растворе. Стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста для электродного потенциала и ЭДС гальванического элемента. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов.

15. Кристаллическое состояние веществ. Кристаллохимия. Анизотропия, изотропия. Внутреннее строение кристаллов. Симметрия кристаллов. Полиморфизм. Изоморфизм. Атомные и ионные радиусы.

16. Твердые растворы.

7 семестр

1. Основные понятия статистической термодинамики. Ансамбли. Механическое описание молекулярной системы. Микро- и макросостояние системы. Законы распределения. Максвелла и Максвелла-Больцмана. Основные постулаты статистической термодинамики. Ансамбли.

2. Сумма по состояниям и статистический интеграл. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Составляющие энтропии, внутренней энергии и теплоемкости, обусловленные поступательным движением. Вращательная сумма по состояниям. Составляющие внутренней энергии, теплоемкости и энтропии, обусловленные колебательным движением.

3. Статистический расчет термодинамических свойств. Вычисления термодинамических функций. Статистические выражения для основных термодинамических функций – внутренней энергии, энтропии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса. Статистические расчеты энтропии и термодинамических свойств. Статистическая термодинамика реального газа и конденсированного состояния вещества.

4. Закон действующих масс и статистическая термодинамика. Статистический вывод закона действующих масс. Роль различных взаимодействий в отклонениях закона в концентрационной форме.

5. Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетические уравнения различных типов реакций, теория кинетики. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка и изменение порядка в ходе реакции. Молекулярность элементарных стадий. Кинетический закон действия масс. Прямая и обратная задачи химической кинетики.

6. Кинетика реакций целого порядка. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Определение констант скорости и порядка реакций. Определение констант скорости из опытных данных. Методы определения порядка реакций.

7. Влияние температуры на скорость химических реакций. Уравнение Аррениуса. «Эффективная» и «истинная» энергия активации.

8. Кинетика сложных реакций. Последовательные реакции. Определение констант элементарных стадий из опытных данных. Кинетический анализ сложных процессов. Принцип стационарности Боденштейна. Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях

9. Макрокинетика. Приближенные методы химической кинетики. Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Принцип лимитирующей стадии. Квазистационарное и квазиравновесное приближение.

10. Общие принципы катализа. Основные определения катализа. Механизмы каталитических реакций. Теории катализа. Основные промышленные каталитические процессы.

11. Гомогенный, гетерогенный, ферментативный и кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Кинетика и механизм ферментативных реакций. Температурная зависимость кинетических постоянных. Субстратная специфичность ферментов. Активные и адсорбционные центры ферментов. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная активность. Явления отравления катализаторов. Активные центры гетерогенных катализаторов. Адсорбция как стадия гетерогенных каталитических реакций. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций.

12. Фотохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы и их параметры. Фотохимические активные частицы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход фотохимических процессов.

13. Теории химической кинетики. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации. Различные формы записи основного уравнения при использовании различных единиц концентрации. Соотношения между опытной и истинной энергией активации. Теория активированного комплекса. Теория соударений в химической кинетике. Реакции в молекулярных пучках

14. Химическая динамика. Реакция в потоке. Реакторы идеального вытеснения и идеального смешения. Определение кинетических постоянных для реакции в потоке. Импульсивные методы. Термокинетическая спектроскопия. Окситермография.

15. Элементы неравновесной термодинамики. Линейная неравновесная термодинамика. Локальное термодинамическое равновесие. Типы неравновесных термодинамических систем. Функция диссипации, скорость возникновения энтропии. Переход потерянной работы в теплоту. Взаимосвязь потоков и сил, принцип кюри, соотношение взаимности Онзагера. Сильно неравновесные системы. Устойчивость стационарных состояний. Самоорганизация в нелинейных, сильно неравновесных системах.

16. Физико-химия наноразмерных систем. Термодинамика наноразмерных систем. Термодинамика самоорганизации и самосборки наноразмерных систем. Основные способы получения наночастиц и наноматериалов. Физико-химические процессы на поверхности раздел фаз. Энергетические состояния и спектральные свойства наноразмерных систем. Физико-химические свойства наноразмерных систем. Квантовые точки. Углеродные нанотрубки и фуллерены. Физические методы исследования наноразмерных систем. Исследование материалов методами растровой и просвечивающей микроскопии. Сканирующая зондовая микроскопия.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Лабораторный практикум

Курс “Физическая химия” сопровождается практическими лабораторными занятиями в студенческом химическом практикуме, основная цель которых – закрепление теоретических знаний, а также получение практических навыков при выполнении лабораторных работ (обращении с химическими веществами, приборами и химической аппаратурой). Организация лабораторных работ проводится таким образом, чтобы студенты научились самостоятельно решать поставленные задачи путем проведения экспериментальных исследований и квалифицированной обработкой полученных результатов.

№	Тема лабораторной работы	Неделя
6 семестр:		
Л1	Определение теплоты растворения хорошо растворимых солей	8
Л2	Определение содержания кристаллизационной воды в $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	8
Л3	Определение теплоты реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием	9
Л4	Определение константы диссоциации слабого электролита методом измерения электропроводности	14
7 семестр:		
Л5	Экспериментальное исследование кинетики химической реакции методами спектроскопии и фотометрии. Определение порядка реакции.	7
Л6	Экспериментальное исследование температуры на скорость химических реакций. Определение параметров уравнения Аррениуса.	10
Л7	Графическое определение порядка реакции и константы скорости методом Оствальда-Нойеса.	5, 6, 7, 8
Л8	Графическое определение порядка реакции и константы скорости по периоду полупревращения.	5, 6, 7, 8
Л9	Графическое определение порядка реакции и константы скорости методом Вант-Гоффа.	5, 6, 7, 8
Л10	Экспериментальное изучение кинетики реакции разложения мочевины в водных растворах методом электропроводности	6, 7
Л11	Колебательные химические реакции	8

Методические рекомендации по проведению лабораторных работ содержатся в методических пособиях, которые выдаются студентам перед работой:

1. Моржухина С.В., Попова Е.С., Моржухин А.М. Термический анализ. Часть 1.

Дифференциальная сканирующая калориметрия

2. М.В. Дмитриовская, С.В. Филин Изучение кинетики реакции йодирования ацетона в кислой среде. Методическая разработка для студентов 4-ого курса, выполняющих лабораторные работы практикума по физической химии

3. П.П.Гладышев, М.В. Дмитриовская, С.В. Филин. Колебательные химические реакции. Методическая разработка для студентов 4-ого курса, выполняющих лабораторные работы практикума по физической химии

4. М.В. Дмитриовская ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА. Методическая разработка для студентов 4-ого курса, выполняющих лабораторные работы практикума по физической химии

5. М.В. Дмитриовская ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОМЫЛЕНИЯ СЛОЖНОГО ЭФИРА. Методическая разработка для студентов 4-ого курса, выполняющих лабораторные работы практикума по физической химии

Практические занятия призваны закрепить теоретические знания студентов и познакомить их с методами решения конкретных задач, возникающих при практическом применении химических знаний.

№	Тема практического занятия
C1	Условия термодинамического равновесия между фазами. Понятия фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Применение правила фаз к разбору диаграмм состояния однокомпонентных систем. Определение солидуса и ликвидуса.
C2	Уравнения состояния. Критические параметры. Нахождение критических параметров уравнения Ван-дер-Ваальса, Дитеричи и Бертло. Газ Ван-дер-Ваальса. Первый закон термодинамики.
C3	Двухкомпонентные фазовые диаграммы.
C4	Первый закон термодинамики. Теплота и Работа. Термохимия. Стандартная энтальпия образования и сгорания. Теплоемкость. Уравнение Кирхгофа.
C5	Фазовые диаграммы с участием газовой фазы. Трехкомпонентные фазовые диаграммы
C6	Второй закон термодинамики. Расчеты изменения энтропии в различных процессах. Термодинамические потенциалы. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Критерии самопроизвольности протекания процесса.
C7	Термодинамические свойства твердых растворов. Фазовые диаграммы с участием химического потенциала. Спинодальный распад.
C8	Растворы, виды растворов, способы выражения концентраций. Идеальные растворы. Закон Рауля. Колигативные свойства растворов.
C9	Функция состояния. Принцип соответственных состояний.
C10	Равновесие. Константа равновесия.
C11	Растворы электролитов и их свойства. Теория Дебая — Хюккеля. Средний коэффициент активности вещества в растворе. Коэффициенты активности отдельных ионов.
C12	Типичные ошибки в фазовых диаграммах.
C13	Электрохимические цепи.
C14	Решение задач по теме: «Основные понятия статистической термодинамики. Ансамбли».
C15	Решение задач по теме: «Сумма по состояниям и статистический интеграл».
C16	Решение задач по теме: «Статистический расчет термодинамических свойств».
C17	Решение задач по теме: «Закон действующих масс и статистическая термодинамика».
C18	Решение задач по теме: «Основные понятия химической кинетики».
C19	Решение задач по теме: «Кинетика реакций целого порядка».
C20	Решение задач по теме: «Влияние температуры на скорость химических реакций».
C21	Решение задач по теме: «Кинетика сложных реакций».
C22	Решение задач по теме: «Макрокинетика. Приближенные методы химической кинетики».
C23	Решение задач по теме: «Определение и общие принципы катализа».
C24	Решение задач по теме: «Гомогенный, гетерогенный, ферментативный и кислотно-основной катализ».
C25	Решение задач по теме: «Фотохимические реакции».
C26	Решение задач по теме: «Теории химической кинетики».
C27	Решение задач по теме: «Химическая динамика».
C28	Решение задач по теме: «Элементы неравновесной термодинамики»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов, преимущественно для подготовки докладов и выполнения других работ по индивидуальному заданию.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и профессиональному английскому языку и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины
- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Программой дисциплины предусмотрено выполнение лабораторных работ.

При прохождении лабораторного практикума студентам предлагается работать в малых группах: учебная группа разбивается на несколько небольших групп – по 2-3 человека.

Каждая группа выполняет задание (лабораторные опыты) из лабораторного практикума. Процесс выполнения лабораторных опытов осуществляется на основе обмена мнениями и выбора оптимального пути решения.

На основании полученных данных по всем опытам каждый студент заполняет свой лабораторный журнал, где записывает результаты опытов, наблюдения, составляет уравнения реакций химических процессов, если нужно производит соответствующие расчеты и результаты представляет в виде графической зависимости.

На собеседовании с преподавателем студент представляет оформленный отчет по данной лабораторной работе и отвечает на вопросы преподавателя, связанные с методикой работы, результатами и выводами. По ряду работ предусматривается применение метода «защиты».

Групповая работа в химической лаборатории стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества. При формировании групп учитывается два признака: степень химической подготовленности студентов и характер межличностных отношений. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых впоследствии может корректироваться для повышения качества работы.

В лабораторном практикуме при выполнении отдельных опытов используется метод проблемного обучения: студент получает задание на химический процесс, методику которого он должен подобрать самостоятельно, обсудить ее с преподавателем и затем приступить к его выполнению

Последовательность всех контрольных мероприятий изложена в календарном плане, который доводится до сведения каждого студента в начале семестра.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, лексики, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- освоение профессионально языка путем знакомства студентов с оригинальными научными текстами, речи во время докладов и их обсуждения на примере интересной для них информации;
- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- проведение семинарских занятий, определяющих приобретение навыков решения проблем и устной научной речи;
- проведение лабораторных работ, допуск к ним и их защита
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям
- Выполнение курсовой работы

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием мультимедиа презентаций; индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий. При наличии академических задолженностей по практическим занятиям, связанных с их пропусками преподаватель выдает дополнительное задание студенту на подготовку реферата по пропущенной теме занятия.

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль.

Текущий контроль выполняется в виде приема и защит лабораторных работ, рефератов, устного опроса на семинарских занятиях и заслушивания публичных научно-технических докладов.

Методические рекомендации студентам по выполнению курсовых работ

представлены в учебном пособии: П.П. Гладышев, И.Л. Ходаковский, С.В. Моржухина . Рекомендации и требования по выполнению и оформлению курсовых работ для студентов направления «Химия» - Дубна, 2010 г.

8. Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

В учебном процессе, помимо чтения лекций, широко используются активные формы (обсуждение отдельных разделов дисциплины, защита расчетно-графической работы). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Перечень обязательных видов работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практическом занятии;
- решение практических задач и заданий на практическом занятии;
- допуск к лабораторным работам;
- выполнение лабораторных работ;
- защита лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ;
- коллоквиумы
- тестирование
- выполнение домашних работ;
- курсовые работы;
- участие в студенческой научной конференции

Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
6	Лекционные занятия	Проблемная технология	10
	Практические занятия	решение практических задач и заданий на практическом занятии	10
	Лабораторные занятия	Работа в группах Допуск к лабораторной работе, Защита лабораторной работы, Составление отчета по лабораторной работе	45
7	Лекционные занятия	Проблемная технология	10
	Практические занятия	решение практических задач и заданий на практическом занятии	10
	Лабораторные занятия	Работа в группах Допуск к лабораторной работе, Защита лабораторной работы, Составление отчета по лабораторной работе	47
Всего:			132

При изучении теоретического курса на лекциях предусматривается изложение материала в виде презентации. Отдельные лекции излагаются по проблемной технологии.

Некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задания на ознакомление с новым материалом до его изложения на лекциях.

При прохождении лабораторного практикума студентам предлагается работать в малых группах: учебная группа разбивается на несколько небольших групп – по 2-3 человека.

Каждая группа выполняет задание (лабораторные опыты) из лабораторного практикума. Процесс выполнения лабораторных опытов осуществляется на основе обмена мнениями и выбора оптимального пути решения.

На основании полученных данных по всем опытам каждый студент заполняет свой лабораторный журнал, где записывает результаты опытов, наблюдения, составляет уравнения реакций химических процессов, если нужно производит соответствующие расчеты и результаты представляет в виде графической зависимости.

На собеседовании с преподавателем студент представляет оформленный отчет по данной лабораторной работе и отвечает на вопросы преподавателя, связанные с методикой работы, результатами и выводами. По ряду работ предусматривается применение метода «защиты».

Групповая работа в химической лаборатории стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества. При формировании групп учитывается два признака: степень химической подготовленности студентов и характер межличностных отношений. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых впоследствии может корректироваться для повышения качества работы.

9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

- **Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Полный перечень компетенций выпускников образовательной программы «Химия. Физическая химия» с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в картах компетенций образовательной программы.

Перечень компетенций выпускников образовательной программы «Химия. Физическая химия», в формировании которых участвует данная дисциплина представлен в разделе 4 рабочей программы дисциплины. Указание результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования представлено ниже.

- **Описание шкал оценивания**

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине в форме экзамена используется пятибалльная система оценивания.

Описание шкал оценивания для различных заданий, выполняемых в рамках текущего контроля, представлено в методических материалах, определяющих процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

- **Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций**

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
Первый уровень (пороговый) (Б-ОК-6)-I Способность рабо- тать в коллективе	Знать: принципы функциони- рования профессио- нального коллектива, понимать роль корпо- ративных норм и стан- дартов Код З(Б-ОК-6)-I	Не знает (не ори- ентиру- ется)	Допускает гру- бые ошибки	Демонстрирует частичные знания без грубых оши- бок	Знает достаточно в базовом объеме	Демонстрирует высокий уровень знаний	лабораторные работы курсовая работа
	Уметь: работать в коллективе, эффективно выполнять задачи профессиональ- ной деятельности Код У(Б-ОК-6)-I	Не умеет	Демонстрирует частичные уме- ния, допуская грубые ошибки	Демонстрирует частичные умения без грубых оши- бок	Умеет применять знания в базовом (стандартном) объ- еме	Демонстрирует высокий уровень умений	лабораторные работы курсовая работа
(Б-ОК-7) способ- ность к самоорга- низации и самооб- разованию	Уметь: самостоятельно строить процесс овладения ин- формацией, отобранной и структурированной для выполнения про- фессиональной дея- тельности. У2 (Б-ОК-7)	Не умеет и не го- тов.	Зная содержа- ние процесса обучения, не умеет самостоя- тельно отбирать и систематизи- ровать подле- жащую усвое- нию информа- цию, выбирать методы и прие- мы организации своей познава- тельной дея- тельности.	Владеет отдель- ными методами и приемами отбора необходимой для усвоения инфор- мации, давая не полностью аргу- ментированное обоснование ее соответствия це- лям самообразова- ния.	Владеет системой отбора содержания обучения в соот- ветствии с наме- ченными целями самообразования, но при выборе ме- тодов и приемов не полностью учиты- вает условия и лич- ностные возможно- сти овладения этим содержанием.	Умеет строить процесс самооб- разования с уче- том внешних и внутренних усло- вий реализации.	Подготовка к лабораторной работе лабораторные работы курсовая работа реферат коллоквиумы выполнение домашних работ

<p>ЗНАТЬ: принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования Код З1(ПК-1)</p>		Отсутствие знаний	Фрагментарные знания принципов работы, области применения и принципиальных ограничений методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования	Общие, но не структурированные знания принципов работы, области применения и принципиальных ограничений методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных принципов работы, области применения и принципиальных ограничений методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования	Сформированные систематические знания принципов работы, области применения и принципиальных ограничений методов и средств измерений, инструкции по эксплуатации оборудования	<p>Устный опрос на практических занятиях</p> <p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа зачет, экзамен</p>
<p>УМЕТЬ: Проводить анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов Код У1 (ПК-1)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать структуру и состав веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, проводить обработку экспериментальных результатов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов	Сформированное умение анализировать структуру и состав веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, проводить обработку экспериментальных результатов	<p>выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа</p>
<p>УМЕТЬ: Осуществлять выбор методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования Код У2 (ПК-1)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение осуществлять выбор методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение выбора методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение осуществлять выбор методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования	Сформированное умение осуществлять выбор методов и методик анализа структуры и свойств веществ и материалов на соответствие требований к объектам исследования	<p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа</p>

<p>ЗНАТЬ: Основное лабораторное оборудование, соответствующее целям и задачам исследования, принципы действия, методы проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений</p> <p>Код 31(ПК-2)</p>		Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основном лабораторном оборудовании, соответствующем целям и задачам исследования, принципах действия, методах проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений	Неполные представления об основном лабораторном оборудовании, соответствующем целям и задачам исследования, принципах действия, методах проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы об основном лабораторном оборудовании, соответствующем целям и задачам исследования, принципах действия, методах проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений	Сформированные систематические представления об основном лабораторном оборудовании, соответствующем целям и задачам исследования, принципах действия, методах проведения лабораторного контроля, обобщения и обработки информации, оценки результатов измерений	<p>Устный опрос на практических занятиях</p> <p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа зачет, экзамен</p>
<p>ЗНАТЬ: существующие методы и методики оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимость и достоверности</p> <p>Код 32(ПК-2)</p>		Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о существующих методах и методиках оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимости и достоверности	Неполные представления о существующих методах и методиках оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимости и достоверности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о существующих методах и методиках оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимости и достоверности	Сформированные систематические представления о существующих методах и методиках оценки структуры и свойств веществ и материалов, их применимости и достоверности	<p>Устный опрос на практических занятиях</p> <p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа зачет, экзамен</p>

<p>УМЕТЬ: Проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов</p> <p>Код УЗ(ПК-2)</p>		Отсутствие умений	Фрагментарное умение проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов	В целом успешное, но не систематическое умение проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов	Сформированное умение проводить регистрацию, анализ, обобщение и обработку результатов лабораторных исследований структуры и свойств веществ и материалов	<p>выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа</p>
<p>УМЕТЬ: Проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов</p> <p>Код У1(ПК-3)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	В целом успешное, но не систематическое умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	Успешное и систематическое умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	<p>выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа зачет,</p>

<p>ЗНАНИЕ теоретические и методологические основы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач Код З1 (ПК-4)</p>		Отсутствие знаний	Фрагментарные знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Неполные знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Сформированные и систематические знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	<p>ответы на теоретические вопросы на практическом занятии; решение практических задач и заданий на практическом занятии; допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; выполнение контрольных работ; коллоквиумы тестирование выполнение домашних работ: реферат зачет, экзамен</p>
<p>УМЕТЬ: Проводить анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов Код У1 (ПК-1)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать структуру и состав веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, проводить обработку экспериментальных результатов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, обработка экспериментальных результатов	Сформированное умение анализировать структуру и состав веществ и материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, проводить обработку экспериментальных результатов	<p>выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа зачет, экзамен</p>
<p>УМЕТЬ: Проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли Код У2(ПК-4)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли	В целом успешное, но не систематическое умение проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли	Успешное и систематическое умение проводить анализ передового опыта в области производства новых материалов, технологий и перспектив развития отрасли	<p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа реферат</p>

<p>УМЕТЬ:</p> <p>Проводить коррек- тировку и разра- ботку методик комплексного ана- лиза структуры и свойств веществ и материалов</p> <p>Код У3 (ПК-1)</p>		Отсут- ствие умений	Частично осво- енное умение проводить кор- ректировку и разработку ме- тодик ком- плексного ана- лиза структуры и свойств ве- ществ и матери- алов	В целом успешное, но не системати- чески осуществля- емое умение про- водить корректи- ровку и разработку методик ком- плексного анализа структуры и свойств веществ и материалов	В целом успешное, но содержащее от- дельные пробелы умение проводить корректировку и разработку методик комплексного ана- лиза структуры и свойств веществ и материалов	Сформированное умение проводить корректировку и разработку мето- дик комплексного анализа структу- ры и свойств ве- ществ и материа- лов	Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками приме- нения новых мето- дов получения, испытания и оцен- ки новых веществ и материалов</p> <p>Код В1 (ПК-1)</p>		Отсут- ствие навыков	Фрагментарное применение навыков новых методов полу- чения, испыты- вания и оценки новых веществ и материалов	В целом успешное, но не системати- ческое применение навыков новых методов получе- ния, испытания и оценки новых ве- ществ и материа- лов	В целом успешное, но содержащее от- дельные пробелы применение навы- ков новых методов получения, испы- тания и оценки но- вых веществ и ма- териалов	Успешное и систематическое применение навыков новых методов получения, испытания и оценки новых веществ и материалов	Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа
<p>ЗНАТЬ:</p> <p>основные методы обработки резуль- татов работ в про- фессиональной сфере деятельно- сти</p> <p>Код З1(ПК-5)</p>		не знает	Допускает су- щественные ошибки в ос- новных методах обработки ре- зультатов работ в профессио- нальной сфере деятельности	Демонстрирует частичные знания основных методов обработки резуль- татов работ в про- фессиональной сфере деятельно- сти	Демонстрирует знания основных методов обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельно- сти.	Раскрывает пол- ное содержание основных мето- дов обработки результатов работ в профессиональ- ной сфере дея- тельности	ответы на теоретические вопросы на практическом занятии; решение практических задач и заданий на практическом занятии; допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; выполнение контрольных работ; коллоквиумы выполнение домашних работ: курсовая работа

<p>УМЕТЬ: Выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных Код У2(ПК-5)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных	Успешное и систематическое умение выбирать методы и средства проведения обработки экспериментальных данных	<p>ответы на теоретические вопросы на практическом занятии; решение практических задач и заданий на практическом занятии; допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; выполнение контрольных работ; коллоквиумы выполнение домашних работ: курсовая работа реферат</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: приемами и технологиями систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач. Код В1(ПК-5)</p>		Не владеет	Владеет отдельными приемами и технологиями систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач.	Владеет отдельными приемами и технологиями систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач. .	Владеет приемами и технологиями систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач.	Демонстрирует владение системой приемов и технологий систематизации, обработки и подготовки данных для составления отчетов по результатам испытаний по решению профессиональных задач.	<p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа</p>
<p>УМЕТЬ: Проводить анализ результатов лабораторного эксперимента Код У1(ПК-6)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение проведения анализа результатов лабораторного эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение проведения анализа результатов лабораторного эксперимента	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проведения анализа результатов лабораторного эксперимента	Успешное и систематическое умение проведения анализа результатов лабораторного эксперимента	<p>Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа</p>

<p>УМЕТЬ: Составлять протокол и отчет по результатам исследований Код У2(ПК-6)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение составлять протокол и отчет по результатам исследований	В целом успешное, но не систематическое умение составлять протокол и отчет по результатам исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение составлять протокол и отчет по результатам исследований	Успешное и систематическое умение выбирать составлять протокол и отчет по результатам исследований	Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа
<p>ЗНАТЬ: Методы безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием Код З1(ПК-7)</p>		Не имеет знаний	Допускает существенные ошибки при разъяснении методов безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием	Демонстрирует частичные знания методов безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием	Демонстрирует знания методов безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием	Раскрывает полное содержание процесса методов безопасного обращения с реактивами и лабораторным оборудованием	Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа
<p>УМЕТЬ: формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности Код У1(ПК-7)</p>		Отсутствие умений	Частично освоенное умение формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности	В целом успешное, но не систематическое умение формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности	Успешное и систематическое умение формулировать цели проведения лабораторного эксперимента, осуществлять планирование эксперимента с учетом норм безопасности	Подготовка к лабораторной работе допуск к лабораторным работам; выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; курсовая работа

- **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.**

Промежуточная аттестация:

Перечень вопросов, выносимых на экзамен

6 семестр

1. Основные понятия химической термодинамики. Система, равновесное состояние и термодинамический процесс. Экстенсивные и интенсивные свойства. Функции состояния и функции процесса.
2. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального и реальных газов.
3. Теплота и работы различного рода. Преобразование теплоты в работу и тепловые машины.
4. Первый закон термодинамики. Его основные формулировки и следствия. Адиабатический процесс.
5. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Работа и теплота химического процесса.
6. Энтальпия. Изменения энтальпии в физических процессах и химических реакциях.
7. Термохимические уравнения. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные энтальпии химических реакций. Энтальпии реакций образования веществ.
8. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Изменения энтропии при фазовых переходах. Изменения энтропии для обратимых процессов.
9. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Расчет энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса из опытных данных.
10. Теплоемкость кристаллических веществ. Связь теплоемкостей при изобарных и изохорных условиях. Уравнения Дебая и Эйнштейна. Температурная зависимость теплоемкости.
11. Предельно разбавленные растворы и их свойства. Растворы электролитов и их термодинамические свойства.
12. Растворы — фазы переменного состава. Способы выражения состава раствора. Идеальные растворы. Криоскопия, эбулиоскопия, осмотическое давление.
13. Коллигативные свойства жидких растворов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Отклонения от закона Рауля.
14. Теория Дебая — Хюккеля. Коэффициенты активности отдельных ионов. Средние коэффициенты активности растворенных веществ в водных растворах.
15. Первое и второе приближение теории Дебая-Хюккеля. Границы применимости. Ионная сила раствора.
16. Химические потенциалы, их связь с другими термодинамическими функциями. Фугитивность и активность. Коэффициенты активности. Методы вычисления фугитивности газов из опытных данных.
17. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца и направление химической реакции. Зависимость констант равновесия от температуры. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.
18. Внутренняя энергия. Свойства внутренней энергии как функции состояния системы. Производные от внутренней энергии системы.
19. Закон действия масс. Константы равновесия реакций. Взаимосвязь K_p с K_x и K_c . Химическое равновесие в идеальных и неидеальных системах.

20. Определение термодинамического равновесия. Определение фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса.
21. Определение фазовой диаграммы. Фигуративной точки. Коноды. Пространства состояния.
22. Описание однокомпонентной P-T-V фазовой диаграммы и ее проекций. Описание тройной точки. Описание критической точки. Уравнение Клаузиуса. Уравнение Клаузиуса-Клайперона.
23. Двухкомпонентные фазовые диаграммы: 7 вариантов трехфазного равновесия в конденсированных системах. Определение солидуса и ликвидуса. Инконгруэнтное плавление. Вид ликвидуса и солидуса в зависимости от степени диссоциации вещества в твердом и жидком состоянии. Фазовая диаграмма с бесконечной растворимостью обоих компонентов в твердом и жидком состоянии. Правило рычага.
24. Первый закон Коновалова. Процесс фракционной перегонки. Второй закон Коновалова. Понятие азеотропа. Правило фаз в точке конгруэнтного плавления и в точке азеотропной смеси.
25. Шесть принципов соединения пространств состояния. Примеры каждого из шести принципов. Примеры кажущегося невыполнения принципов.
26. Системы с ликвацией (L+L). Правило Алексеева.
27. Треугольник Гиббса-Розебома. Метод нанесения состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Гиббса. Метод нанесения состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Розебома.
28. Свойства треугольника Гиббса-Розебома. (4 шт.) Примеры каждого свойства. Трехкомпонентная фазовая диаграмма в зависимости от температуры для системы с бесконечной растворимостью в твердом и жидком состоянии. Трехкомпонентная фазовая диаграмма в зависимости от температуры для системы с простой эвтектикой.
29. Понятие химического потенциала. Уравнение зависимости химического потенциала идеального газа от давления. Переход от двухкомпонентной T-x фазовой диаграммы к диаграмме lgP от обратной температуры (1/T) на примере эвтектического равновесия и перитектического равновесия.
30. Понятие уравнения состояния. Термическое уравнение состояния. Калорическое уравнение состояния. Каноническое уравнение состояния. Уравнение состояния реального газа – уравнение Ван-дер-Ваальса.
31. Принцип соответственных состояний. Обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса.

7 семестр

1. Механическое описание молекулярной системы. Микро- и макросостояние системы. Законы распределения Максвелла и Максвелла — Больцмана.
2. Основные постулаты статистической термодинамики. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса.
3. Статистические выражения для основных термодинамических функций — внутренней энергии, энтропии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса.
4. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Вращательная сумма по состояниям. Колебательная сумма по состояниям.
5. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Интерпретация закона действующих масс с позиции статистической термодинамики.
6. Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетические уравнения. Обратимые реакции первого порядка.

7. Кинетический вывод закона действия масс. Определение константы скорости и порядка реакций.
8. Механизмы химических реакций. Элементарные стадии химических реакций. Молекулярность элементарных стадий.
9. Кинетика сложных реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений.
10. Необратимые реакции первого и второго порядков. Определение констант скорости из опытных данных.
11. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка.
12. Сложные реакции. Принцип независимости скоростей элементарных стадий.
13. Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Принцип стационарности Боденштейна.
14. Влияние температуры на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса и его теоретическая интерпретация. Энергия активации и ее определение на основе экспериментальных данных.
15. Цепные реакции. Элементарные процессы зарождения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций.
16. Реакция в потоке. Реакторы идеального вытеснения и идеального смешения. Определение кинетических постоянных для реакции в потоке (на примере оксигермографии).
17. Макрокинетика. Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Режимы протекания реакций, кинетическая область, область внешней и внутренней диффузии.
18. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Поверхность потенциальной энергии взаимодействия.
19. Метод переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Допущения теории активированного комплекса.
20. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации.
21. Теория соударений в химической кинетике. Мономолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям.
22. Бимолекулярные реакции. Теория активированного комплекса и теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям.
23. Фотохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы и их параметры. Фотохимические активные частицы.
24. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход фотохимических процессов.
25. Определение и общие принципы катализа. Основные промышленные каталитические процессы. Механизмы каталитических реакций.
26. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ.
27. Ферментативный катализ. Кинетика и механизм ферментативных реакций. Субстратная специфичность ферментов.
28. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная активность. Явления отравления катализаторов. Активность и селективность катализаторов. Активные центры гетерогенных катализаторов. Адсорбция как стадия гетерогенных каталитических реакций.
29. Представления о строении растворов электролитов (М. Фарадей, С. Аррениус). Значение теории Аррениуса. Теория Дебая и Хюккеля.
30. Удельная и эквивалентная электропроводности. Числа переноса и методы их определения. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Зависимость подвижностей, эквивалентной электропроводности и чисел переноса от концентрации.

31. Химическое и электрохимическое протекание окислительно-восстановительных реакций. Химические источники тока. Понятие электрохимического потенциала. Классификация электродов.
32. Равновесные электрохимические цепи и их ЭДС. Формула Нернста и уравнение Гиббса–Гельмгольца. Применение метода ЭДС для определения термодинамических величин химических реакций.
33. Определение коэффициентов активностей и чисел переноса на основе измерения ЭДС. Типы электролитов. Топливные элементы.
34. Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Классификация электрохимических цепей.
35. Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное термодинамическое равновесие, типы неравновесных термодинамических систем. Равновесные соотношения как частный случай равенства нулю термодинамических сил.
36. Функция диссипации, скорость возникновения энтропии, неравенство де Донде. Переход потерянной работы в теплоту. Взаимосвязь потоков и сил, принцип Кюри, соотношение взаимности Онсагера.
37. Неравновесные процессы в однородных системах на примере протекания химических реакций.
38. Неравновесные процессы в непрерывных системах. Диффузия, термодиффузия, диффузионный термоэффект.
39. Особенности физико-химии наноразмерных систем.
40. Физические методы исследования наноразмерных систем.

Пример экзаменационных билетов

6 семестр

1. Теплоемкость кристаллических веществ. Связь теплоемкостей при изобарных и изохорных условиях. Уравнения Дебая и Эйнштейна. Температурная зависимость теплоемкости.
2. Принцип соответственных состояний. Обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса.
3. Три моля идеального одноатомного газа ($C_V = 3.0 \text{ кал} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), находящегося при $T_1 = 350 \text{ K}$ и $p_1 = 5 \text{ атм}$, обратимо и адиабатически расширяются до давления $p_2 = 1 \text{ атм}$. Рассчитайте конечные температуру и объем, а также совершенную работу и изменение внутренней энергии и энтальпии в этом процессе.

7 семестр

1. Механическое описание молекулярной системы. Микро- и макросостояние системы. Законы распределения Максвелла и Максвелла — Больцмана.
2. Теория соударений в химической кинетике. Мономолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям.
3. Для некоторой ферментативной реакции констант Михаэлиса равна $0,035 \text{ моль/л}$. Скорость реакции при концентрации субстрата $0,110 \text{ моль/л}$ равна $1,15 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot \text{с}$. Найдите максимальную скорость этой реакции.

Текущий контроль

содержание коллоквиумов

6 семестр

Фазовые диаграммы

Условия термодинамического равновесия между фазами. Понятия фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

Определение фазовой диаграммы, фигуративной точки. Описание однокомпонентной P-T-V фазовой диаграммы и ее проекций. Описание тройной точки. Описание критической точки. Уравнение Клаузиуса. Уравнение Клаузиуса-Клайперона.

Применение правила фаз к разбору диаграмм состояния однокомпонентных систем. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора, CO₂.

Двухкомпонентные фазовые диаграммы: 7 вариантов трехфазного равновесия в конденсированных системах. Определение солидуса и ликвидуса. Инконгруэнтное плавление. Вид ликвидуса и солидуса в зависимости от степени диссоциации вещества в твердом и жидком состоянии. Фазовая диаграмма с бесконечной растворимостью обоих компонентов в твердом и жидком состоянии. Правило рычага.

Первый закон Коновалова. Процесс фракционной перегонки. Второй закон Коновалова. Понятие азеотропа. Правило фаз в точке конгруэнтного плавления и в точке азеотропной смеси.

Треугольник Гиббса-Розебома, его свойства (с примерами). Нанесение состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Гиббса. Нанесение состава фаз на треугольник Гиббса-Розебома методом Розебома. Примеры свойств. Трехкомпонентная фазовая диаграмма в зависимости от температуры для системы с простой эвтектикой.

Понятие химического потенциала. Уравнение зависимости химического потенциала идеального газа от давления. Переход от двухкомпонентной T-x фазовой диаграммы к диаграмме lgP от обратной температуры (1/T) на примере эвтектического равновесия и перитектического равновесия.

Понятие уравнения состояния. Термическое уравнение состояния. Калорическое уравнение состояния. Каноническое уравнение состояния. Уравнение состояния реального газа – уравнение Ван-дер-Ваальса. Принцип соответственных состояний. Обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса.

Химическая термодинамика

Основные понятия: химическая система (открытая, закрытая, изолированная), гомогенная и гетерогенная системы, компонент. Интенсивные и экстенсивные параметры.

Первый закон термодинамики. Основные формулировки и его аналитическое выражение. Внутренняя энергия системы, ее определение и свойства. Теплота и работа как формы передачи энергии. Виды работы. Работа расширения при различных процессах. Максимальная работа изотермического, изобарического и адиабатического расширения идеального газа.

Энтальпия, ее свойства, зависимость от температуры. Термохимия, закон Гесса, измерение и вычисление тепловых эффектов химических реакций. Стандартное состояние вещества. Стандартные теплоты образования и теплоты сгорания веществ и их значение в термохимических расчетах.

Изобарная и изохорная теплоемкость. Теплоемкость идеальных газов. Зависимость теплоемкости от температуры: полуэмпирическое уравнение, уравнение Майера – Келли. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры, уравнение Кирхгофа.

Второй закон термодинамики. Энтропия, ее определение и свойства. Расчет изменения энтропии в различных процессах. Соотношения Максвелла.

Изменение энтропии как критерий возможности протекания самопроизвольных процессов в изолированных системах. Расчет изменения энтропии в химических реакциях. Термо-

динамические потенциалы. Условия равновесия, записанные через различные потенциалы. Связь потенциалов друг с другом.

Третий закон термодинамики. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Статистическое определение энтропии (формула Больцмана). Термодинамические функции: свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Их определение, свойства, связь с работой. Свободные энергии Гиббса и Гельмгольца как характеристические функции системы. Расчет изменений энергии Гиббса в химических реакциях. Связь между максимальной полезной работой и тепловым эффектом реакции (уравнение Гиббса-Гельмгольца). Связь энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Приближения, используемые при расчете энергии Гиббса при заданной температуре. Энтальпийный и энтропийный факторы.

Химическое равновесие

Условия равновесия химической реакции. Закон действующих масс. Способы выражения констант равновесия химических реакций. Активность, коэффициенты активности. Связь между константами равновесия, выраженными через активность, концентрации, парциальные давления и мольные доли. Уравнение изотермы химической реакции. Анализ условий равновесия и самопроизвольного протекания химической реакции. Связь стандартного изменения энергии Гиббса реакции с константой равновесия.

Влияние температуры на химическое равновесие, уравнения изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа. Влияние температуры и давления на смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье. Расчет константы равновесия на основе стандартных термодинамических величин.

Определение фугитивности и коэффициента фугитивности. Методы расчета фугитивности: графический расчет α ; метод с допущением постоянства α ; метод расчета с помощью коэффициента летучести.

Учение о растворах

Растворы, виды растворов, способы выражения концентраций. Идеальные растворы. Признак идеальности. Давление пара растворителя над раствором, закон Рауля. Температуры затвердевания и кипения растворов, криоскопия и эбулиоскопия. Растворы газов в жидкостях. Закон Генри. Влияние давления и температуры на растворимость газов в жидкостях. Свойства растворов электролитов. Изотонический коэффициент. Электролитическая диссоциация. Типы электролитов. Причины электролитической диссоциации, гидратация, сольватация. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса, ее значение и недостатки. Закон разведения Оствальда. Электролитическая теория Дебая-Хюккеля, основные положения. Активность электролитов, коэффициент активности электролитов. Средняя ионная активность и средний ионный коэффициент активности, их связь. Расчет среднего ионного коэффициента активности через ионную силу раствора.

Электродные равновесия. Электродвижущие силы

Электрохимические цепи, гальванические элементы. Схема и форма записи простейшего элемента. Электродвижущие силы. Электродный потенциал, зависимость от активности ионов в растворе. Стандартный электродный потенциал. Нормальный водородный электрод. Уравнение Нернста для электродного потенциала и ЭДС гальванического элемента. Правила записи и расчета ЭДС через величины электродных потенциалов. Термодинамика гальванического элемента, зависимость ЭДС от температуры.

7 семестр
Коллоквиум № 1

1. Макроскопические параметры и макроскопические состояния
2. Микроскопические состояния и фазовое пространство
3. Функция статистического распределения. Термодинамическая вероятность
4. Теорема Лиувилля
5. Свойства функции распределения
6. Статистический ансамбль Гиббса
7. Распределение Больцмана
8. Квантовомеханическое описание системы
9. Энтропия. Стремление энтропии к возрастанию
10. Постулаты связи
11. Сумма по состояниям и статистический интеграл
12. Свойства суммы по состояниям
13. Статистическая сумма большого канонического ансамбля
14. Поступательная сумма по состояниям
15. Вращательная сумма по состояниям
16. Колебательная сумма по состояниям
17. Электронная и ядерная сумма по состояниям
18. Сумма по состояниям реальных газов
19. Силы межмолекулярного взаимодействия
20. Модели парных потенциалов

Коллоквиум № 2

1. Основной постулат химической кинетики.
2. Порядок и молекулярность химической реакции.
3. Кинетика реакций нулевого порядка
4. Кинетика реакций первого порядка
5. Кинетика реакций второго порядка
6. Кинетика реакций третьего порядка
7. Кинетика реакций n-го порядка
8. Методы определения порядка реакции
9. Влияние температуры на скорость химических реакций.
10. Энергия активации
11. Теория активных соударений
12. Активирование молекул при столкновениях: теория Линдемана
13. Теория переходных состояний
14. Принципы независимости и микрообратимости
15. Обратимые реакции
16. Параллельные реакции
17. Последовательные реакции
18. Квазиравновесное и квазистационарное приближение
19. Энергетическая диаграмма катализа
20. Гомогенный катализ
21. Специфический кислотно-основной катализ.
22. Ферментативный катализ. Неконкурентное ингибирование
23. Ферментативный катализ. Конкурентное ингибирование
24. Гетерогенный катализ
25. Первый и второй законы фотохимии
26. Квантовый выход и классификация химических процессов

27. Процессы, протекающие при фотовозбуждении молекул
28. Пути первичного превращения электронно-возбужденной молекулы
29. Кинетика флуоресценции
30. Вторичные процессы при фотохимических реакциях

Пример вариантов коллоквиумов

7 семестр

Коллоквиум № 1

ВАРИАНТ 1

1. Молекула может находиться на двух уровнях с энергиями 0 и 440 см^{-1} . При какой температуре на верхнем уровне будет в три раза больше молекул, чем на нижнем?
2. Рассчитайте поступательный вклад в мольную энтропию и свободную энергию Гельмгольца для молекулярного Cl_2 при температуре 1000 К и давлении 1 атм.
3. Рассчитайте константу равновесия для реакции $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$ при температуре 550 К. Молекулярные постоянные: N_2 - $\omega = 2358.0\text{ см}^{-1}$, $B = 2.00\text{ см}^{-1}$, $g_0 = 1$; O_2 - $\omega = 1579.8\text{ см}^{-1}$, $B = 1.447\text{ см}^{-1}$, $g_0 = 3$; NO - $\omega = 1904.4\text{ см}^{-1}$, $B = 1.705\text{ см}^{-1}$, $g_0 = 4$. Теплота реакции при абсолютном нуле: $\Delta U_0^0 = 180.3\text{ кДж/моль}$. Возбужденными электронными состояниями пренебречь.

Коллоквиум № 2

Вариант 2

1. В некоторой реакции целого порядка $nA \rightarrow B$ концентрация исходного вещества 3 моль/л была достигнута за 4 мин при начальной концентрации 6 моль/л и за 5 мин при начальной концентрации 12 моль/л. Установите порядок реакции.
2. В параллельных реакциях первого порядка $A \xrightarrow{k_1} B$ и $A \xrightarrow{k_2} D$ выход вещества B равен 47 %, а время превращения A на $1/3$ равно 20 с. Найдите k_1 и k_2 .
3. Энергия активации реакции димеризации $2\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8$ равна 180 кДж/моль ($T = 500\text{ К}$). Вычислите значение стерического множителя этой реакции, если диаметр этилена равен 0,5 нм, а константа скорости при этой температуре равна $3 \cdot 10^{-13}\text{ см}^3/\text{моль} \cdot \text{с}$.

Для обобщающей аттестации студентов выполняются письменные контрольные работы по основным разделам дисциплины.

Контрольные работы

№	Тема работы	неделя
6 семестр		
КР 1	Газ Ван-дер-Ваальса. Первый закон. Термохимия	6
КР 2	Второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы. Колигативные свойства растворов	12
КР 3	Равновесие. Растворы электролитов. Электрохимические цепи	15
7 семестр		
КР 4	Основные понятия статистической термодинамики. ансамбли	2
КР 5	Сумма по состояниям и статистический интеграл	3
КР 6	Основные понятия химической кинетики.	7
КР 7	Кинетика реакций целого порядка	8
КР 8	Кинетика сложных реакций	12

Примеры заданий на контрольных работах
6 семестр

Контрольная работа № 1

Вариант 5

1. Найдите критические параметры для газа Бертло.
 2. Найдите частные производные $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ и $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T$ для газа, подчиняющегося уравнению Ван-дер-Ваальса.
 3. Рассчитайте количество теплоты, необходимое для нагревания воздуха в квартире общим объемом 500 м³ от 23 до 28 °С. Считайте, что воздух – идеальный двухатомный газ, а давление при исходной температуре – нормальное. Найдите ΔU и ΔH для процесса нагревания воздуха.
 4. Определить среднюю массовую теплоемкость сплава константан, состоящего из 40% никеля, 0.6% марганца, остальное – медь.
 5. 200 г этана, взятых при 25 °С и 1 атм, нагреты при постоянном давлении до утроения объема. Мольная теплоемкость этана дается выражением:
$$C_p = 8.64 + 0.0213 \cdot T \text{ (Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}\text{)}.$$
- Рассчитайте ΔU и ΔH для этого процесса. Этан можно считать идеальным газом.

Контрольная работа №2. Растворы.

Вариант 1.

1. Рассчитайте ΔG по первому и второму приближению при 25 °С и 500 К и ΔF при тех же температурах для химической реакции: $4\text{HCl(г)} + \text{O}_2\text{(г)} = 2\text{Cl}_2\text{(г)} + 2\text{H}_2\text{O(ж)}$. Стандартные значения энтальпии образования и абсолютной энтропии при 25 °С равны: $\Delta_f H^\circ(\text{HCl}) = -22.1$ ккал/моль, $S^\circ(\text{O}_2) = 49.0$ кал/К · моль, $\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O(ж)}) = -68.3$ ккал/моль; $S^\circ(\text{Cl}_2) = 53.3$ кал/К · моль, $S^\circ(\text{HCl}) = 44.6$ кал/моль · К, $S^\circ(\text{H}_2\text{O(ж)}) = 16.7$ кал/К · моль.
2. Рассчитайте изменение энтропии 500 г метанола в результате его замерзания при –110 °С. Теплота плавления твердого метанола при –98 °С (т.пл.) равна 3160 Дж · моль^{–1}. Теплоемкости твердого и жидкого метанола равны 55.6 и 81.6 Дж · К^{–1} · моль^{–1}, соответственно.
3. Рассчитайте изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии при нагревании 300 г бензола от 20 °С до нормальной температуры кипения (80.1 °С) и полном испарении жидкости (давление нормальное). Примите, что мольная теплоемкость бензола не зависит от температуры и равна: $C_p = 136.1$ Дж · К^{–1} · моль^{–1}. Удельная теплота испарения бензола при постоянном давлении равна 395 Дж · г^{–1}.
4. Этанол и метанол при смешении образуют почти идеальные растворы. При 20 °С давление пара этанола равно 5.93 кПа, а метанола 11.83 кПа. Рассчитайте давление пара раствора, состоящего из 200 г этанола и 200 г метанола, а также состав (в мольных долях) пара над этим раствором при 20 °С.
5. Температура кипения сероуглерода 46.20 °С. Его эбуллиоскопическая постоянная 2.3. В 80 г сероуглерода растворено 0.998 г бензойной кислоты. Полученный раствор имеет температуру кипения 46.48 °С. Определить молярную массу бензойной кислоты в сероуглероде.
6. Чему равно при температуре –7,5 °С осмотическое давление раствора, в 1,5 л которого содержится 276 г глицерина $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
7. Определите концентрацию раствора, полученного при слиянии 150 г 30%-го и 250 г 10%-го растворов NaCl.

Контрольная работа №3

Вариант 1.

1. Рассчитайте константу равновесия для реакции: $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$ при 500 К. $\Delta_f G^\circ$ для $\text{CO}(\text{г})$ и $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$ при 500 К равны $-155.41 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ и $-134.20 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ соответственно.
2. Константа равновесия реакции: $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г})$ равна $K_p = 1.4 \cdot 10^{-4}$ при 400 °С. Какое общее давление необходимо приложить к эквимолярной смеси N_2 и H_2 , чтобы 10% N_2 превратилось в NH_3 ? Газы считать идеальными.
3. Вычислить ЭДС гальванического элемента $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+}(0.01 \text{ моль/л}) \parallel \text{Ni}^{2+}(0.1 \text{ моль/л}) \mid \text{Ni}$.
4. Рассчитайте произведение растворимости и растворимость Hg_2Cl_2 в воде при 25 °С по данным о стандартных электродных потенциалах.
5. Рассчитайте моляльность раствора $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, имеющего ионную силу 0.30 моль/кг.
6. Используя первое приближение теории Дебая–Хюккеля, рассчитайте коэффициенты активности ионов K^+ , Al^{3+} и SO_4^{2-} в $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/кг}$ в растворе $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ при 25 °С.

7 семестр

Контрольная работа № 1

Вариант 1

1. Найдите частные производные $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ и $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T$ для газа, подчиняющегося уравнению Ван-дер-Ваальса
2. Найдите критические параметры для газа Бертло.

7 семестр

Коллоквиум 1

Вариант 1

1. Реакция разложения $2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$ имеет второй порядок с константой скорости $k = 5,95 \cdot 10^{-6} \text{ л/моль} \cdot \text{с}$. Вычислите скорость реакции при давлении йодоводорода 5 бар и температуре 300 К.
2. Для газофазной реакции $\text{HI} + \text{CH}_3\text{I} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{I}_2$ энергия активации равна 140 кДж/моль. Константа скорости при 310 °С равна 0,47 моль/л·с. Рассчитайте константу скорости при 227 °С. При какой температуре константа скорости будет равна $1 \cdot 10^{-4} \text{ л/моль} \cdot \text{с}$? Рассчитайте концентрацию неконкурентного ингибитора I ($K_I = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$), необходимую для 70 %-ного подавления ферментативной реакции

Пример тестовых заданий

Тест 1 (7 семестр)

1. Если система находится в равновесном состоянии, то:
 - а) ее макроскопические параметры постоянны, а микроскопические изменяются во времени;
 - б) ее микроскопические параметры постоянны, а макроскопические изменяются во времени;
 - в) и микро- и макроскопические параметры остаются неизменными.
2. Функция распределения ансамбля это вероятность того, что система ансамбля находится в элементе объема вблизи точки (p, q) в момент времени t и определяется следующим образом:
 - а) $\rho(p, q, t) dt$;
 - б) $\rho(p, q, t) dpdq$;
 - в) $\rho(p, q, t)$.
3. Какому из условий должна удовлетворять функция распределения?
 - а) $\rho(p, q, t) \geq 0$;
 - б) $\rho(p, q, t) \leq 0$;
 - в) $\rho(p, q, t) = 0$.
4. Согласно теореме Лиувилля, плотность фазовых точек при их движении по фазовым траекториям остается постоянной:
 - а) $d\rho/dt = \text{const}$;
 - б) $d\rho/dt \neq 0$;
 - в) $d\rho/dt = 0$.
5. В каком ансамбле функция распределения зависит от температуры и химического потенциала?
 - а) микроканонический ансамбль;
 - б) канонический ансамбль;
 - в) большой канонический ансамбль.
6. Какой тип ансамбля можно использовать для описания систем с большим набором частиц?
 - а) микроканонический, канонический и большой канонический ансамбль;
 - б) только большой канонический ансамбль;
 - в) только канонический и большой канонический ансамбль.
7. Какая функция используется для описания квантовых систем?
 - а) функция распределения;
 - б) оператор матрицы плотности;
 - в) функция распределения и оператор матрицы плотности.

Тест 2 (7 семестр)

1. В идеальном кристалле энтропия имеет нулевое значение, а термодинамическая вероятность равна:
 - а) S ;
 - б) 0 ;
 - в) 1 .

2. Основным свойством суммы по состояниям является:

- а) сумма по состояниям содержит в себе всю термодинамическую информацию о системе;
- б) сумма по состояниям включает в себя уравнение состояния системы;
- в) сумма по состояниям включает в себя все термодинамические функции системы.

3. Одним из свойств суммы по состояниям является:

- а) Z – абсолютная величина;
- б) Z – безразмерная величина;
- в) Z – монотонно убывающая функция температуры.

4. Константа Больцмана определяется из следующего равенства:

- а) $k = R / N_A$;
- б) $k = N_A / R$;
- в) $k = N_A \cdot R$.

5. Сумма по состояниям зависит от следующих величин:

- а) P, V, N ;
- б) T, P, N ;
- в) T, V, N .

6. При $T \rightarrow 0$, сумма по состояниям стремится к:

- а) g_0 ;
- б) $\sum g_i$;
- в) 0.

7. При $T \rightarrow \infty$, сумма по состояниям стремится к:

- а) g_0 ;
- б) $\sum g_i$;
- в) ∞ .

Тест 3

1. Скорость химической реакции определяется формулой:

- а) $r = \pm \frac{1}{V} \frac{dn}{dt}$;
- б) $r = \pm \frac{1}{V} \frac{dn}{dt}$;
- в) $r = \pm V \frac{dn}{dt}$.

2. Если в элементарной реакции участвует несколько веществ, то скорость реакции выражается через:

- а) концентрацию любого вещества;
- б) концентрацию исходных веществ;
- в) концентрацию продуктов реакции.

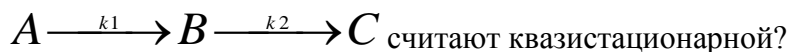
3. Скорость сложной реакции определяется:

- а) суммой скоростей всех стадий;
- б) скоростью самой быстрой стадии;
- в) скоростью самой медленной стадии.

4. Основной постулат химической кинетики (закон действующих масс) можно выразить следующим образом:
- а) скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна концентрациям продуктов реакции, возведенным в некоторые степени;
 - б) скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна исходным концентрациям реагирующих веществ, возведенным в некоторые степени;
 - в) скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна текущим концентрациям реагирующих веществ, возведенным в некоторые степени.
5. Для сложной реакции константа скорости зависит:
- а) от температуры;
 - б) и от температуры и от концентрации;
 - в) от концентрации и наличия катализатора.
6. Размерность константы скорости зависит:
- а) от порядка реакции;
 - б) от порядка реакции и температуры;
 - в) от концентрации продуктов реакции.
7. Общий порядок реакции определяется:
- а) произведением порядков реакций по веществам;
 - б) разностью порядков реакций по веществам;
 - в) суммой порядков реакций по веществам.
8. Определите размерность константы скорости для реакции 1-го, 2-го и 3-го порядка, если концентрация выражена в моль/л.

Тест 4

1. При каких условиях концентрацию промежуточного вещества В в реакции



- а) $k_1 = k_2$;
 - б) $k_1 \ll k_2$;
 - в) $k_1 \gg k_2$.
2. Скорость сложной реакции определяется скоростью:
- а) в равной степени скоростями всех элементарных стадий;
 - б) самой медленной стадии;
 - в) самой быстрой стадии.
3. В случае отрицательного катализа энергия активации:
- а) остается неизменной;
 - б) увеличивается;
 - в) уменьшается.
4. На какие из термодинамических функций влияет присутствие катализатора (ингибитора):
- а) на энергию Гиббса;
 - б) на тепловой эффект реакции;
 - в) не изменяет термодинамические характеристики реакции.
5. Как зависит скорость реакции от концентрации катализатора:

- а) не зависит;
- б) прямо пропорционально;
- в) экспоненциально.

6. «Число оборотов фермента» это:

- а) константа скорости, которая характеризует активность фермента;
- б) начальная концентрация фермента;
- в) стехиометрический коэффициент фермента в уравнении реакции.

7. При каком типе ингибирования изменяется и константа Михаэлиса и максимальная скорость ферментативной реакции:

- а) при конкурентном;
- б) при неконкурентном;
- в) при смешанном ингибировании.

Домашние работы:

№	Тема задания
Д1	Уравнения состояния. Критические параметры. Газ Ван-дер-Ваальса. [3], стр.12-21, № 1-6, 1-9 (в), 1-11 (б), 1-12, 1-16, 1-17, 1-18
Д2	Первый закон термодинамики. [3], стр.24-32, № 2-1, 2-2, 2-5, 2-8, 2-9, 2-11, 2-16, 2-19, 2-23
Д3	Термохимия. [3], стр.36-44, № 3-3, 3-4, 3-5, 3-8, 3-12, 3-15, 3-17, 3-18, 3-20, 3-21, 3-23, 3-25, 3-26, 3-27
Д4	Второй закон термодинамики. [3], стр. 49-61, № 4-5, 4-6, 4-19, 4-24
Д5	Термодинамические потенциалы. [3], стр.65-76, № 5-25, 5-26, 5-27, 5-28, 5-30
Д6	Растворы. Способы выражения концентраций. Колигативные свойства.
Д7	Закон Рауля. [3], стр.88-89, № 6-4, 6-6, 6-7, 6-8, 6-10, 6-11
Д8	Химическое равновесие. [3], стр.140-150, № 9-2, 9-3, 9-4
Д9	Растворы электролитов и их свойства. Теория Дебая - Хюккеля. [3], стр.171-176, № 11-2, 11-8, 11-10, 11-12, 11-15
Д10	Электрохимические цепи. [3], стр. 191-202, №13-2, 13-3, 13-6, 13-7
Д11	Основные понятия статистической термодинамики. ансамбли. [3], стр.218-219, № 6, 9, 11, 17
Д12	Сумма по состояниям и статистический интеграл. [3], стр.237-239, № 8, 25, 26, 27
Д13	Сумма по состояниям и статистический интеграл. [3], стр.237-239, № 13, 16, 22
Д14	Статистический расчет термодинамических свойств идеальных и реальных систем. Сумма по состояниям и статистический интеграл. [3], стр.253-257, № 8, 17, 22, 25. Подготовка к сдаче коллоквиума.
Д15	Статистический расчет термодинамических свойств идеальных и реальных систем. Сумма по состояниям и статистический интеграл. [3], стр.253-257, № 23, 26.
Д16	Основные понятия химической кинетики. [3], стр.264-267, № 1, 4, 8, 9, 12, 23, 25
Д17	Кинетика реакций целого порядка. [3], стр.273-277, № 1, 2, 13
Д18	Кинетика реакций целого порядка. [3], стр.273-277, № 21, 23, 25. Методы определения порядка реакции.
Д19	Методы определения порядка реакции. [3], стр.282-286, № 6, 14, 20, 21.
Д20	Влияние температуры на скорость химических реакций. [3], стр.292-296, № 16, 20, 21, 29.
Д21	Кинетика сложных реакций. [3], стр.304-310, № 6, 8, 14, 25. Подготовка к лабораторной работе по кинетике иодирования.
Д22	Приближенные методы химической кинетики. [3], стр.317-322, № 10, 17, 14, 20, 26.
Д23	Катализ. [3], стр.338-346, № 2, 3, 13, 9. Подготовка к лабораторной работе по кинетике колебательных реакций.
Д24	Катализ. [3], стр.338-346, № 22, 25 Фотохимические реакции. [3], стр.353-356, № 7, 10.
Д25	Теории химической кинетики. [3], стр.372-376, № 3, 6, 22. Подготовка к сдаче коллоквиума.
Д26	Повторение пройденного курса. Подготовка лабораторных работ к сдаче.

Пример: Домашнее задание по теме: «Коллигативные свойства раствора»

1. Чему равно при температуре $-7,5^{\circ}\text{C}$ осмотическое давление раствора, в 1,5 л которого содержится 276 г глицерина $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$?
2. Вычислите осмотическое давление 0,25 М раствора сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ при 38°C .
3. Сколько граммов сахара содержится в 250 мл раствора, осмотическое давление которого при 7°C составляет 283,6 кПа? Вычислите молярность раствора. В каком количестве мл раствора содержится 1 моль сахара?
4. Вычислите давление пара 10%-го раствора сахара при 100°C .
5. Давление пара воды при 25°C составляет 3167 Па. Вычислите для той же температуры давление пара раствора, в 450 г которого содержится 90 г глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
6. При 0°C давление пара эфира $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ составляет 2465 Па. Найдите для той же температуры давление пара 5%-го раствора анилина $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ в эфире.
7. Вычислите температуру кипения раствора, содержащего 100 г сахара в 750 г воды.
8. Вычислите %-е содержание сахара в растворе, температура кипения которого $100,13^{\circ}\text{C}$.
9. Раствор, содержащий 5,4 г вещества-неэлектролита в 200 г воды, кипит при $100,078^{\circ}\text{C}$. Вычислите молекулярную массу растворенного вещества.
10. Температура кипения сероуглерода $46,20^{\circ}\text{C}$. Его эбуллиоскопическая постоянная 2,3. В 50 г сероуглерода растворено 0,9373 г бензойной кислоты. Полученный раствор имеет температуру кипения $46,39^{\circ}\text{C}$. Определить молярную массу бензойной кислоты в сероуглероде.
11. При температуре 27°C осмотическое давление раствора сахара 1066 гПа. Определить осмотическое давление этого раствора при 0°C .
12. При 25°C давление паров воды равно 31,66 гПа, а давление паров раствора глицерина – 31,56 гПа. Вычислить осмотическое давление этого раствора при 37°C . Плотность раствора $1,0017 \text{ г/см}^3$.
13. Вычислить осмотическое давление 0,1; 0,3 и 0,5 М растворов сахарозы при 25°C .

Примерная тематика курсовых работ:

В рамках освоения курса «Физическая химия» студенты выполняют курсовую работу. После первого семестра происходит отчет по литературному обзору по теме курсовой работы. После второго семестра происходит защита курсовой работы.

Темы курсовых работ формулируются на основании предложений работодателей и в соответствии с основными научными направлениями кафедры химии, новых технологий и материалов. Таким образом курсовые работы неразрывно связаны с научно-исследовательской работой студентов по направлению Химия.

Курсовая работа – форма контроля для демонстрации студентом следующих умений, навыков и компетенций:

- умение работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;
- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы;
- умение соблюдать форму научного исследования;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- владение современными средствами телекоммуникаций;
- способность и готовность к использованию основных прикладных программных средств;
- умение обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса;
- способность создать содержательную презентацию выполненной работы.

При защите представленной курсовой работы оцениваются также знания дисциплин, использованных при выполнении задания.

Примерные темы курсовых работ:

1. Исследование сорбции органических соединений на кварце и кремнеземах окситермографическим методом.
2. Исследование прочности ковалентной иммобилизации органических соединений на кварце окситермографическим методом.
3. Описание, аналитическое и численное решение задач кинетики ферментных систем с использованием метода графов.
4. Аналитическое и численное исследования точности описания равновесий законом действующих масс в концентрационной форме в растворах различной природы.
5. Исследование влияния материалов электродов и состава раствора на технические характеристики гальванического элемента алюминий-воздушного типа.
6. Изучение оптических свойств коллоидных квантовых точек CdSe методами молекулярной спектроскопии.
7. Термодинамические свойства иона Mg^{2+} (в водном растворе).
8. Оценка стандартных энтропий неорганических соединений уранила.
9. Оценка стандартных энтропий ионов SeO_3^{2-} и SeO_4^{2-} в водных растворах.
10. Влияние размера частиц на термодинамические свойства оксидов.
11. Экспериментальное определение термодинамических свойств селенита и селената серебра методом ЭДС.

12. Экспериментальное определение термодинамических свойств селенита и селената свинца методом ЭДС.
13. Определение коэффициентов распределения радиолантаноидов в среде: катионит - органический раствор ди (2-этил-гексил) фосфорной кислоты (Д2ЭГФК).
14. Определение коэффициентов распределения щелочно-земельных элементов в среде: катионит - органический раствор ди(2-этил-гексил) фосфорной кислоты (Д2ЭГФК).
15. Гидротермальные равновесия в системе ZrO_2 - фосфорная кислота.
16. Термодинамические свойства веществ в системе O-H-S-Zn в гидротермальных условиях.
17. Исследование кинетики реакции окисления органических веществ, выделяемых кожей человека (на примере салициловой кислоты).
18. Разработка структуры базы данных по термодинамике органических соединений в Интернете.
19. Термодинамические свойства иона $H_2VO_4^-$ в водных растворах.
20. Термодинамические свойства веществ в системе O-H-P-Pb.
21. Оценка стандартных значений энтропий силикатов.
22. Термодинамические свойства фосфатов уранила и их растворимость в водных растворах.
23. Совместное определение ионов Na^+ , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^- , а также растворимого кислорода водных объектов при помощи потенциометрического зонда БПИ-12.
24. Механизм и кинетика получения пластмассовых сцинтилляторов методом радикальной полимеризации.
25. Термодинамические свойства оксида и сульфидов никеля.
26. Термодинамические свойства соединений в системе ZrF_4-H_2O .
27. Разделение кобальта и редкоземельных элементов.
28. Сравнительное изучение растворимостей оксида и гидроксидов циркония.
29. Изучение сорбционной емкости и кинетических особенностей десорбции отдельных гранул сорбента на примере угольных модифицируемых гранул.

Методические рекомендации студентам по выполнению курсовых работ

представлены в учебном пособии: П.П. Гладышев, И.Л. Ходаковский, С.В. Моржухина .
Рекомендации и требования по выполнению и оформлению курсовых работ для студентов направления «Химия» - Дубна, 2010 г.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль.

Текущий контроль выполняется в виде приема допусков и защит практических работ, устного опроса на лекциях и практических занятиях, выполнения контрольной работы.

Промежуточный контроль проводится в виде зачета с оценкой, на котором обсуждаются теоретические и практические вопросы курса. Практическая часть частично зачитывается по результатам работ, выполненным в семестре, на основе балльно-рейтинговой системы. При рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения. Максимально-возможная сумма баллов по всем видам заданий приравнивается 100 %. При этом также учитывается посещаемость занятий – 0,5 балла за посещение одного занятия продолжительностью 1 академический час, при этом максимальный балл за посещаемость равен 17. Каждое практическое задание оценивается в зависимости от сложности от 1 до 10 баллов. Окончательно задания формируются перед началом семестра преподавателем в зависимости от тем НИР студентов. Максимальный балл за каждый вид задания определяется преподавателем в зависимости от уровня сложности задания в начале семестра, проставляется в журнале успеваемости и доводится до сведения студентов.

Чтобы быть допущенным к зачету, студент обязан проделать и сдать **все** практические работы. Работы, пропущенные без уважительной причины, а также работы, не защищенные студентом в течение 2х недель после проведения практической части, оцениваются преподавателем с понижающим коэффициентом 0,5.

Преподаватель может использовать «**штрафы**» в виде уменьшения набранных баллов за пропуск лекционных занятий, за нарушение сроков выполнения учебной работы, за систематический отказ отвечать на семинарских занятиях и т.д.

Результаты работы студентов фиксируются преподавателем в журнале успеваемости. В течение семестра проводится 2 промежуточные аттестации, о результатах которых преподаватель сообщает студенту, куратору группы и заведующему кафедрой.

Если к моменту окончания семестра студент набирает не менее 55 % от максимально возможной суммы баллов, то он получает допуск к зачету.

Студент, сдающий зачет, получает баллы за зачетное задание.

Если к началу зачетной недели набранное студентом суммарное количество баллов с учетом дополнительных, составляет **менее 55 % от максимальной суммы баллов**, он не допускается к сдаче зачета. Такие студенты могут довести свой балл до необходимой суммы в течение последней (зачетной) недели семестра, написав контрольную работу по теме, за которую студент получил наименьшее количество баллов. Выполненные практические задания на зачетной неделе **не принимаются**.

Шкала выставления оценок за зачет:

% от максимальной суммы баллов	оценка
86 - 100 %	5
71-85	4
55-70	3

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

1. Устный опрос на практических занятиях
2. Подготовка к лабораторной работе
3. Защита лабораторной работы
4. Публичный доклад по защите курсовой работы
5. Выполнение домашних работ
6. Проведение самостоятельных работ, тестирования, коллоквиумов, контрольных работ

10. Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Ярославцев А.Б. Основы физической химии: Учебное пособие для вузов / М.: Научный мир, 2000. - 232с. - ISBN 5-189176-091-6.
2. Карапетьянц М.Х. Примеры и задачи по химической термодинамике: Учебное пособие для вузов / Карапетьянц Михаил Христофорович. - 5-е изд. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013. - 304с. - Прил.:с.285. - ISBN 978-5-397-03690-0.
3. Практикум по физической химии. Термодинамика: Учебное пособие для вузов / Агеев Евгений Петрович, Успенская Ирина Александровна, Богачев Александр Геннадьевич и др.; Под ред. Е.П.Агеева, В.В.Лунина; Рец. О.Л.Кусков, В.А.Черепанов. - М.: Академия, 2010. - 224с.: ил. - (Высшее профессиональное образование: Естественные науки). - Прил.:с.204.- Слов.терм.:с.215. - ISBN 978-5-7695-6809-1.
2. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. / Пригожин Илья, Кондепуди Дилип ; Пер. с англ. Ю.А.Данилова, В.В.Белого под ред. Е.П. Агеева. - М. : Мир, 2009. – 461 с. : ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 5-03-003538-9.
3. Основы физической химии. Теория и задачи. Учебное пособие для вузов / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко, В.В. Лунин – М.: Издательство «Экзамен», 2005 – 480 с. (Серия «Классический университетский учебник») ISBN 5-472-00834-4
4. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика : Учебное пособие для вузов. Т.1 : Теория равновесных систем: Термодинамика / М.: Едиториал УРСС, 2002. - 240с. 237. - ISBN 5-354-00077-7.
5. Стромберг А.Г. Сборник задач по химической термодинамике: Учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей / Стромберг Армин Генрихович, Лельчук Хая Абрамовна, Картушинская Алла Игнатьевна; Под ред. А.Г.Стромберга. - 3-е изд.,стер. - М.: Альянс, 2009. - 192с. - ISBN 978-5-903034-71-0.
6. **Ильина Е.Б., Истомина Н., Хохлачева Н.М., Маревичева Е.Е.** Фазовые равновесия в двух-компонентных системах: Учебное пособие . - Инфра М, 2016. - ISBN 978-5-16-011821-5

Дополнительная учебная литература

1. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика: Пер. с англ. В.И. Ролдугина / Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 504 с. - ISBN 978-5-91559-044-0
2. Полотнянко Н.А. Руководство по оформлению файлов локального согласования термодинамической информации с использованием программы MS-Excel: Учебно-методическое пособие / Полотнянко Н.А., Медведкина О.Н., Ходаковский И.Л.; Министерство образования РФ; ГОУ ВПО МО "Международный университет природы, общества и человека "Дубна"". Факультет естественных и инженерных наук. Кафедра химии, геохимии и космохимии; Рец. Е.Г.Осадчий, П.П.Гладышев; Ред. В.В.Труба. - Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна", 2011. - 40с. - Список исп.лит.:с.40. - ISBN 978-5-89847-327-3.
3. Чареев Д.А. Фазовые диаграммы: Учебное пособие. Ч.1 / Чареев Дмитрий Александрович, Осадчий Евгений Григорьевич; Рец. А.Р.Котельников, К.И.Шмулович; Ред. В.В.Труба; Министерство образования МО; Международный университет природы, общества и человека "Дубна". Факультет естественных и инженерных наук. Кафедра химии, геохимии и космохимии. - Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна", 2013. - 60с. - Список рек.лит.:с.58. - ISBN 978-5-89847-377-8.
4. Щеголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики // Долгопрудный. ИД «Интеллект». 2008. 207 с.
5. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.И. Кинетика химических реакций // М. Издательство московского университета. 1995. 347 с.
6. Кубасов А.А. Химическая кинетика и катализ. Часть 1. // М. Издательство московского университета. 2004. 144 с.

7. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия // М. высшая школа. 1990. 487 с.
8. Ягодовский В.Д. Статистическая термодинамика в физической химии: Учебное пособие / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 495 с., 2009. - ISBN 978-5-94774-084-4.
9. Щеголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2008. 207 с.
10. Франк-Каменецкий Д.А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике: Учебник-монография / Франк-Каменецкий Давид Альбертович. - 4-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 408 с. - Лит. - ISBN 978-5-91559-004-4.
11. Салем Р.Р. Физическая химия / М.: Вузовская книга, 2004. - 328с. - ISBN 5-9502-0042-X.
12. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ: Примеры и задачи с решениями: Учебное пособие для вузов / М.: Академия, 2003. - 256с. - ISBN 5-7695-1293-8.
13. Коробов В.И. Химическая кинетика: введение в Mathcad/Maple/MCS / М.: Горячая линия-Телеком, 2009. - 384с. - ISBN 9785991200752.
14. Буданов В.В. Химическая термодинамика: Учебное пособие / М.: Академкнига, 2007. - 312с. - Список лит.:с.306-307. - ISBN 978-5-94628-300-7.
15. Ягодовский В.Д. Адсорбция. - Лаборатория знаний Бином, 2015. - ISBN 978-5-9963-1681-6

• Периодические издания

- Вестник Московского университета. Серия 2, Химия : научный журнал / учредитель: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, фак-т химии. - М. : МГУ. - Журнал, основан в ноябре 1946 года. - Выходит отдельной серией с 1960 года - Доступ к архиву статей с 1998 г. на сайте журнала: <http://www.chem.msu.ru/rus/vmgu/>
- Журнал физической химии (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Успехи химии. Издательство Журнала "Успехи химии" Известия Академии наук. Серия химическая. Издательство журнала "Известия Академии наук. Серия химическая" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Научный вестник Новосибирского государственного технического университета Новосибирский государственный технический университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета Федеральная информационная система: «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
- Естественные науки. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Башкирский химический журнал ООО "Научно-исследовательский институт истории науки и техники" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология Иркутский национальный исследовательский технический университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация Воронежский государственный университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

- Университетская библиотека онлайн – www.biblioclub.ru - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- ZNANIUM – www.znanium.com -- Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- БД российских журналов East View : <http://dlib.eastview.com> - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ: <http://diss.rsl.ru/> - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Реферативная и библиографическая БД Web of Science, JCR компании Thomson Reuters: <http://webofknowledge.com> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Реферативная и библиографическая БД SCOPUS: <http://www.scopus.com/home.url> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Научные поисковые системы

- SCIENCE INDEX на основе данных РИНЦ http://elibrary.ru/project_risc.asp Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Scopus <http://www.scopus.com/home.url> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Web of Science <http://webofknowledge.com> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Научная электронная библиотека РФФИ <http://www.elibrary.ru> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

<http://window.edu.ru/> - Федеральная информационная система: «Единое окно доступа к информационным ресурсам»

<http://ben.irex.ru> БЕН Библиотека естественных наук

<http://www.gpntb.ru> ГПНТБ Государственная публичная научно-техническая библиотека

<http://ban.pu.ru> БАН Библиотека Академии наук

<http://www.nlr.ru> РНБ Российская национальная библиотека

<http://www.elibrary.ru> Научная электронная библиотека РФФИ

<http://www.lib.msu.ru> Библиотека МГУ

<http://www.kge.msu.ru> Библиотеки химической литературы

<http://www.lib.asu.ru> Электронная библиотека зарубежных изданий

<http://www.chem.asu.ru> Электронная библиотека/неорганическая химия

<http://www.chem.port.ru/>

<http://www.ars.org/portalchemistry/>

<http://www.rusanalytchem.org/> <http://www.rusanalytchem.org/>

<http://www.chem.msu.ru> портал фундаментального химического образования России

<http://lib.uni-dubna.ru/biblweb/> Библиотека университета «Дубна»

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

В ходе изучения курса предусмотрено использование компьютера для выполнения измерений на специализированном программном обеспечении, поставленном в комплекте с приборами.

В ходе изучения курса предусмотрено использование компьютера для выполнения расчетно-графических задач и иных расчетов с применением программных пакетов Excel

Для подготовки презентаций – Power Point, Microsoft Office, информационно-библиотечная система MAPK SQL.

Для самостоятельной работы используются классы с доступом к ресурсу Интернет

- **Описание материально-технической базы**

Лекционная аудитория с компьютером и видеопроектором.

Лабораторные работы проводятся в специально оборудованном химическом практикуме.

Приборы:

Весы электронные Ohaus Adventure

Весы электронные Acculab ALC

Спектрофотометр Unico 2100

учебно-лабораторный комплекс с модулем «термостат»,
магнитная мешалка.

Специализированные лаборатории кафедры химии, новых технологий и материалов и Инжинирингового центра университета

1) Участок тонкопленочных фотовольтаических систем

- Перчаточный бокс для работы в инертной атмосфере СПЕКС ГБ02М
- Вакуумные установки для напыления пленок VRS (РОБВАК, РОССИЯ)
- Дисковая прецизионная резка SYJ 400 CNC
- Ультразвуковая ванна Сапфир 1,3ТТЦ
- Нагревательная плита HP-150 250
- Муфельная печь SNOL 7.2/1300
- Вакуумный сушильный шкаф BINDER VD 23
- Спин-коатинг SPIN-1200 Series
- Вакуумная нагревательная плита LH-403
- Установка для электрохимического осаждения на подложку Esprayer ES-2000S.
- Профилометр NANOVEA P S50
- Спектрофотометр сканирующий спекс ССП-10
- Учебный-лабораторный комплекс для научных исследований солнечных фотоэлектрических преобразователей и малоразмерных модулей ЗАО «Техноэксан».
- Учебно-лабораторный комплекс для исследования спектральных характеристик солнечных элементов ЗАО «Техноэксан».
- Плазма низкого давления DEINER ELECTRONIC, ATTO I
- Гомогенизатор ультразвуковой HO-391
- Вакуумный упаковщик HENKELMAN JUMBO MINI

2) Участок тонкопленочных биосенсорных систем

- Центрифуга 5424 с ротором F-45-24-11
- Вортекс Reax Top Heidolph
- Вакуумный упаковщик HENKELMAN JUMBO MINI
- Мешалка магнитная C-MAG HS7
- Весы аналитические OHAUS EX 224
- Весы лабораторные A&D DX-1200
- Система очистки воды MILLIPORE MILLI-Q Advantage A10 S Kit Z00Q0V0EU
- Сушильный шкаф SNOL 58/350
- Термостат суховоздушный TC-1/20 СПУ
- pH-метр SEVEN COMPACT S220-KIT
- Гомогенизатор ультразвуковой HO-391
- Резак гильотинный CM4000
- Диспенсорная платформа ZX1010 с аэронанесением
- Центрифуга с охлаждением Thermo Fisher Scientific 5804R
- Трансильюминатор ECX-F15.C, 254 нм
- Спектрофотометр сканирующий спекс ССП-10

В состав учебно-научной лаборатории кафедры в настоящее время входят:

1. Лаборатория спектральных методов анализа, обладающая следующим современным базовым оборудованием:

- ИК-Фурье спектрометр IRAffinity-1
- ИК-Фурье спектрометр *IRPrestige-21*
- ICPE-9000. Оптический эмиссионный спектрометр параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой
- Спектрофотометр ЮНИКО-2100 – 2 шт. (видимая область)
- Спектрофотометр ЮНИКО-2804 (УФ-область)
- Спектрометр Maya 2000Pro
- Спектрофлуориметр «Флюорат»
- Профессиональный лабораторный мутнометр
- Микроволновая система для разложения проб Sineo
- Система очистки воды и фильтрации MILLIPORE

2. Лаборатория электрохимических методов анализа, имеющая следующее оборудование:

- Анализатор вольтамперометрический ТА-4
- pH-метр-иономер Эксперт-001
- Система капиллярного электрофореза «Капель 105»
- Экспресс-метод определения органического углерода (окситермография)
- Потенциостат
- Импедансметр
- Кондуктометры

3. Лаборатория хроматографических методов анализа, оснащенная современным хроматографическим оборудованием:

- Жидкостный хроматограф «Аквилон»
- Газовый хроматограф Shimadzu
- Хроматограф FPLC Pharmacia
- ВЭЖХ система Shimadzu

4. Участок физико-химических испытаний лаборатории композиционных материалов инженерного центра, обеспеченный следующим оборудованием для термических исследований:

- Дифференциальный сканирующий калориметр DSC 240 *F1 Phoenix*®
- Дилатометр с функцией термомеханического анализа TMA 402 *F3 Hyperion*®
- Прибор динамического механического анализа DMA 242.

11. Язык преподавания: русский язык

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра химии, новых технологий и материалов

УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебно-методической
работе
/А.С. Деникин /
«15» 03 2017 г.

Программа пересмотрена на заседании кафедры химии, новых технологий и материалов

Лист изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

«Физическая химия»

В рабочую программу дисциплины «Физическая химия» по направлению подготовки
04.03.01 Химия, направленность (профиль) программы – Физическая химия, утвержденную
01.02.2016 г. изменения и дополнения не вносятся

Протокол заседания № 3 от «09» 03 2017 г.

Заведующий кафедрой _____ /С.В. Моржухина/

СОГЛАСОВАНО

и.о.декана факультета _____ /О.А. Савватеева/

«14» 03 2017 г.