

Рабочая программа дисциплины «Физическая и коллоидная химия», включая оценочные материалы

1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место дисциплины в структуре ОПОП СПО

Дисциплина входит в общепрофессиональный цикл ОПОП СПО.

1.2. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся знаний, позволяющих устанавливать взаимосвязи химических и физических явлений и прогнозировать их конечный результат.

В программу включено содержание, направленное на формирование у обучающихся компетенций ОПОП СПО.

Содержание дисциплины в пределах освоения ОПОП СПО, обусловлено общей нацеленностью образовательного процесса на достижение указанных ниже результатов обучения на основе компетентностного подхода, который обеспечивает подготовку к формированию следующих общих и профессиональных компетенций:

Код и наименование компетенции	Умения	Знания	Владение
ПК 1.1. Оценивать соответствие методики задачам анализа по диапазону измеряемых значений и точности. ПК 1.3 Подготавливать реагенты, материалы и растворы, необходимые для ПК 2.1. Обслуживать и эксплуатировать лабораторное оборудование, испытательное оборудование и средства измерения химико-аналитических лабораторий. ПК 2.2 Проводить качественный и количественный анализ неорганических и органических веществ химическими и физико-химическими методами	находить в справочной литературе показатели физико-химических свойств веществ и их соединений; определять концентрацию реагирующих веществ и скорость реакций; строить фазовые диаграммы; производить расчеты параметров газовых смесей, кинетических параметров химических реакций, химического равновесия; рассчитывать тепловые эффекты;	основы физической и коллоидной химии, химической кинетики, химической термодинамики и термохимии; закономерности протекания химических и физико-химических процессов; законы идеальных газов; основные методы интенсификации физико-химических процессов; свойства агрегатных состояний веществ; условия химического равновесия; физико-химические методы анализа веществ, применяемые приборы;	методами измерения поверхностного натяжения, краевого угла. знаниями о методах измерения адсорбции и удельной поверхности. методами определения электрокинетического потенциала. методом седиментационного анализа. методами определения критической концентрации мицеллообразования; методами измерения и анализа кривых течения. комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач; навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса; приемами обработки полученных опытных данных для выявления и установления взаимосвязей между термодинамическими свойствами и

			физическими параметрами процесса; знаниями основными законами физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.
--	--	--	---

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем, акад. часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	147
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	108
в том числе:	
лекционные занятия	36
практические занятия	0
лабораторные работы	72
семинарские занятия	0
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	27
в том числе:	
самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины	27
Промежуточная аттестация: экзамен	12

2.2. Тематический план и содержание дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Осваиваемые элементы компетенций
Раздел I. Термодинамика и фазовое равновесие		54	
Тема 1.1 I закон и II закон термодинамики	Содержание учебного материала		ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.1, ПК 2.2
	Лекции I закон термодинамики. Термодинамические системы и термодинамические параметры. Экстенсивные и интенсивные свойства системы. Термодинамический процесс. Функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия и энтальпия системы. Теплота и работа как формы передачи энергии. Формулировки первого начала термодинамики. Механическая работа (работа расширения) и полезная работа. Применение I-го начала термодинамики к равновесным процессам изменения состояния системы. Взаимосвязь теплоты, работы и изменения внутренней энергии в изохорном, изобарном и изотермическом процессах. Теплоемкость твердых веществ и жидкостей, теплоемкость идеальных газов. Тепловой эффект химического процесса. Стандартные состояния для индивидуальных веществ. Стандартные энтальпии образования и сгорания соединений. Применение закона Гесса для вычисления тепловых эффектов химических и физико-химических процессов. Связь тепловых эффектов при постоянном объеме и при постоянном давлении. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. II закон термодинамики. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Работа равновесного и неравновесного процессов. Второе начало термодинамики, формулировки второго начала. Энтропия и ее свойства. Энтропия как критерий равновесия и направления самопроизвольного процесса в изолированных системах. Зависимость энтропии от температуры, давления и объема. Расчет изменения энтропии в различных процессах, связанных с изменением состояния идеального газа. Изменение энтропии при фазовых переходах. Постулат Планка (третий закон термодинамики). Энергия Гельмгольца и энергия Гиббса как критерии направления и предела протекания процессов. Зависимость энергии Гельмгольца и энергии Гиббса от параметров состояния. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Расчет изменения стандартных энергий Гиббса и Гельмгольца в химических реакциях при различных температурах. Системы переменного состава. Химический потенциал компонента системы.	8	
	Лабораторные занятия	14	
	Самостоятельная работа обучающихся	5	
Тема 1.2. Химическое равновесие. Фазовое равновесие (однокомпонентные системы). Растворы	Содержание учебного материала		ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.1, ПК 2.2
	Лекции Химическое равновесие. Краткая характеристика химического равновесия. Закон действующих масс. Способы выражения состава равновесной смеси. Связь термодинамической константы равновесия K_a с эмпирическими (концентрационными) константами равновесия для реакций между веществами в состоянии идеального газа.	8	

неэлектролитов. Фазовое равновесие (многокомпонентны е системы)	Выражение константы равновесия для гомогенных и гетерогенных реакций, идеальных и неидеальных реакционных систем. Влияние давления и примеси инертного газа на смещение химического равновесия. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа. Влияние температуры на константу химического равновесия. Уравнение изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа. Фазовое равновесие (однокомпонентные системы). Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Фаза, компонент, число степеней свободы. Диаграмма фазовых равновесий для однокомпонентной системы. Характеристика полей и линий диаграммы. Тройная точка. Интегральные формы уравнения Клаузиуса-Клапейрона для процесса плавления-кристаллизации и для процессов испарения и возгонки. Взаимосвязь энтальпий плавления, испарения и возгонки в тройной точке. Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса для расчета изменения термодинамических функций при фазовых превращениях. Фазовое равновесие (многокомпонентные системы). Классификация растворов жидкостей в жидкостях. Растворы неограниченно смешивающихся друг в друге жидкостей. Законы Рауля и Дальтона. Диаграммы «Р-Х», «Т-Х», «состав пара-состав жидкости» для идеальных и реальных растворов. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропия. Правило рычага. Физико-химические основы разделения жидких смесей. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью компонентов в твердой фазе. Изоморфизм. Типы твердых растворов. Диаграммы плавкости изоморфно кристаллизующихся веществ. Термический анализ, кривые охлаждения. Диаграммы неизоморфно кристаллизующихся веществ (с образованием простой (одной) эвтектики, с образованием устойчивых и неустойчивых соединений). Построение диаграммы плавкости по кривым охлаждения. Эвтектическая смесь. Определение состава эвтектики с помощью построения треугольника Таммана.		
	Лабораторные занятия	14	
	Самостоятельная работа обучающихся	5	
	Раздел II. Явления на границе раздела фаз		80
Тема 2.1 Поверхностные явления дисперсные системы. Количественные характеристики дисперсности. Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностное натяжение как характеристика	Содержание учебного материала		ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.1, ПК 2.2
	Лекции	8	
	Основные признаки дисперсных систем; поверхностная энергия; количественные характеристики дисперсности. Классификации дисперсных систем. Свойства поверхностей различной природы. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение - характеристика природы соприкасающихся фаз и их взаимодействия. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Свойства поверхностей жидких и твердых тел. Полярные и неполярные поверхности, их взаимодействие с жидкостями различной природы. Межфазное натяжение на границе т-ж. Методы определения поверхностного натяжения.		
	Лабораторные занятия	14	
	Самостоятельная работа обучающихся	51	

поверхностной энергии			
Тема 2.2. Поверхностное натяжение и адсорбция.	Содержание учебного материала		ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.1, ПК 2.2
	Лекции Адсорбция как явление, абсолютная и Гиббсовская адсорбция. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностная активность. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Особенности адсорбции ПАВ на поверхности ж-т. Теория Ленгмюра, теория БЭТ, определение величины удельной поверхности по результатам адсорбции.	6	
	Лабораторные занятия: 1. Исследование смачивания поверхности твёрдых тел и определение работы адгезии 2. Исследование влияния строения молекул ПАВ на их поверхностную активность 3. Изучение адсорбции ПАВ из растворов на твёрдом адсорбенте	16	
	Самостоятельная работа обучающихся	7	
Тема 2.3 Получение дисперсных систем. Диспергирование и конденсация. Устойчивость дисперсных систем.	Содержание учебного материала		ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.1, ПК 2.2
	Лекции Получение дисперсных систем диспергированием и конденсацией. Влияние ПАВ на работу диспергирования. Уравнение Ребиндера. Конденсация физическая и химическая. Способы создания прессыщения. Лиофильные и лиофобные системы. Общие вопросы устойчивости дисперсных систем. Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные дисперсные системы – общие вопросы, примеры. Лиофобные дисперсные системы. Факторы устойчивости лиофобных систем. Быстрая и медленная коагуляция. Теория ДЛФО и ее применение в качестве количественной оценки агрегативной устойчивости дисперсных систем. Основные положения теории Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека (ДЛФО). Расклинивающее давление и его составляющие. Энергия электростатического отталкивания при взаимодействии слабозаряженных поверхностей. Силы и энергия притяжения. Общее уравнение для энергии взаимодействия дисперсных частиц. Различные пути стабилизации дисперсных систем.	6	
	Лабораторные занятия: 1. Синтез гидрозоля гидроксида железа, изучение его коагуляции и стабилизации. 2. Исследование мицеллообразования в растворах ПАВ 3. Дисперсионный анализ методом седиментации в гравитационном поле	14	
	Самостоятельная работа обучающихся	5	
Промежуточная аттестация: экзамен		12	
Всего часов		147	

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета.

Оборудование учебного кабинета: учебные столы, стулья, меловая доска.

Технические средства обучения: переносная презентационная техника (компьютер с доступом в Интернет, проектор, экран).

Характеристики программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	ОС WINDOWS	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	неограниченно	бессрочно
2	Пакет офисных программ Microsoft Office В составе: <ul style="list-style-type: none">● Word● Excel● Power Point● Outlook● OneNote● Access● Publisher● InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	неограниченно	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

3.2. Информационное обеспечение

Информационное обеспечение обучения содержит перечень рекомендуемых учебных изданий основной и дополнительной литературы.

Основная литература

1. Гавронская, Ю. Ю. Коллоидная химия : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. Ю. Гавронская, В. Н. Пак. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 287 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00666-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512866>.
2. Казин, В. Н. Физическая химия : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 182 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11832-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517833>.

Дополнительная литература

1. Александрова, Э. А. Химия неметаллов : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Э. А. Александрова, И. И. Сидорова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 358 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00704-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513874>.
2. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 1. Физическая химия : учебник для среднего профессионального образования / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под редакцией

В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 259 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08974-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515472>.

3. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 2 : учебник для среднего профессионального образования / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под редакцией В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 309 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08976-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515473>.

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения устного и письменного опроса, тестирования, демонстрации умений и навыков при выполнении практических работ, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий и ситуационных задач.

Результаты обучения раскрываются через усвоенные знания и приобретенные умения и навыки, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

Результаты обучения	Критерии оценки	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
Умения:		
находить в справочной литературе показатели физико-химических свойств веществ и их соединений; определять концентрацию реагирующих веществ и скорость реакций; строить фазовые диаграммы; производить расчеты параметров газовых смесей, кинетических параметров химических реакций, химического равновесия; рассчитывать тепловые эффекты;	Демонстрирует умения: выполнять расчеты электродных потенциалов, электродвижущей силы гальванических элементов; находить в справочной литературе показатели физико-химических свойств веществ и их соединений; определять концентрацию реагирующих веществ и скорость реакций; строить фазовые диаграммы; производить расчеты параметров газовых смесей, кинетических параметров химических реакций, химического равновесия; рассчитывать тепловые эффекты и скорость химических реакций; определять параметры каталитических реакций.	Контрольная работа. Экзамен
Знания:		
основы физической и коллоидной химии, химической кинетики, химической термодинамики и термохимии; закономерности протекания химических и физико-химических процессов; законы идеальных газов; основные методы интенсификации физико-химических процессов; свойства агрегатных состояний веществ; условия химического равновесия; физико-химические методы	Демонстрирует знания: -закономерности протекания химических и физико-химических процессов; -законы идеальных газов; -механизм действия катализаторов; -механизмы гомогенных и гетерогенных реакций; -основы физической и коллоидной химии, химической кинетики, электрохимии, химической термодинамики и термохимии; -основные методы интенсификации физико-химических процессов; -свойства агрегатных состояний веществ; -сущность и механизм катализа;	Контрольная работа. Экзамен

анализа веществ, применяемые приборы;	-схемы реакций замещения и присоединения; -условия химического равновесия; -физико-химические методы анализа веществ, применяемые приборы; -физико-химические свойства сырьевых материалов и продуктов.	
Владения:		
методами измерения поверхностного натяжения, краевого угла. знаниями о методах измерения адсорбции и удельной поверхности. методами определения электрокинетического потенциала. методом седиментационного анализа. методами определения критической концентрации мицеллообразования; методами измерения и анализа кривых течения. комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач; навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса; приемами обработки полученных опытных данных для выявления и установления взаимосвязей между термодинамическими свойствами и физическими параметрами процесса; знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.	Демонстрирует навыки: - владения методами измерения поверхностного натяжения, краевого угла. - владения знаниями о методах измерения адсорбции и удельной поверхности. - владения методами определения электрокинетического потенциала. - владения методом седиментационного анализа. - владения методами определения критической концентрации мицеллообразования; - владения методами измерения и анализа кривых течения. -владения комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач; - определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса; - владения приемами обработки полученных опытных данных для выявления и установления взаимосвязей между термодинамическими свойствами и физическими параметрами процесса; -владения знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.	Контрольная работа. Экзамен

4.1. Оценочные материалы для проведения текущей контрольной успеваемости

Тема 1.1 I закон термодинамики. Тема 1.2 II закон термодинамики

Задания 1. Изменение энтальпии вещества в интервале температур, средняя теплоемкость

Вычислите количество теплоты, необходимое для изобарного нагревания g кг вещества А (табл. 1) от температуры $T_1 = 298$ К до температуры T_2 при постоянном давлении 1 атм. Используйте справочные данные о температурной зависимости истинной теплоемкости. Фазовое состояние вещества в интервале температур не изменяется (если не указано – газ). Потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

Используя сделанный расчет, вычислите приращение стандартной молярной энтальпии вещества А и среднюю молярную изобарную теплоемкость вещества А в интервале температур 298 К – T_2 . Рассчитанное значение средней теплоемкости сравните с приведенным в справочнике для ближайшей температуры.

Таблица 1. Данные для расчета количества теплоты, необходимого для изобарного нагревания

№ вар.	Вещество А	$g \cdot 10^3$, кг	T_2 , К	№ вар.	Вещество А	$g \cdot 10^3$, кг	T_2 , К
1.	CH ₄	1,6	612	26.	Al ₂ (SO ₄) _{3(ТВ)}	35,6	642
2.	CO ₂	2,2	573	27.	BeO _(ТВ)	3,3	835
3.	AsCl ₃	3	770	28.	HI	3	765
4.	NO ₂	2,8	515	29.	SO ₃	12	510
5.	SO ₂	3,2	650	30.	H ₂ S	9	520
6.	BF ₃	6,7	640	31.	BaCl _{2(ТВ)}	65	685
7.	BaO _(ТВ)	64	790	32.	BaSO _{4(ТВ)}	78	715
8.	HF	4	760	33.	Al ₂ O _{3(ТВ, корунд)}	92	978
9.	SiH ₄	6,4	670	34.	Cr ₂ O _{3(ТВ)}	86	1010
10.	CF ₄	2,2	560	35.	MgSO _{4(ТВ)}	56	915
11.	CH ₃ Cl	5	630	36.	K ₂ SO _{4(ТВ)}	68	780
12.	CH ₃ F	7,2	680	37.	CdO _(ТВ)	45	875
13.	NaCl _(ТВ)	21,6	710	38.	CaF _{2(ТВ)}	30	990
14.	MgO _(ТВ)	15	605	39.	MnO _(ТВ)	60	675
15.	SiF ₄	8,4	820	40.	CuO _(ТВ)	20	815
16.	CaO _(ТВ)	28	750	41.	PCl _{3(Г)}	75	725
17.	CH ₃ Br	4	525	42.	ZnO _(ТВ)	48	925
18.	HCl	5,2	720	43.	CaC _{2(ТВ)}	55	585
19.	BCl ₃	11	590	44.	ZnS _(ТВ)	34	630
20.	C ₂ H ₂	5,3	657	45.	SrO _(ТВ)	40	890
21.	C ₂ H ₆	3	550	46.	AgCl _(ТВ)	120	515
22.	HBr	4,3	590	47.	Bi ₂ O _{3(ТВ)}	79	710
23.	NH ₃	3,4	610	48.	COS _(Г)	6,8	780
24.	NO	9	690	49.	CaF _{2(ТВ)}	62	825
25.	KCl _(ТВ)	35	780	50.	CdS _(ТВ)	38	890

Задания 2. Расчет изменений энтропии в процессах с участием идеального газа и конденсированных фаз

Образец газообразного вещества С (табл.2) массой g кг нагрели изобарно от температуры 298К до температуры T_3 при постоянном давлении 1 атм. Вычислите изменение стандартной энтропии в этом процессе, а также значение стандартной молярной энтропии вещества С при температуре T_3 . В расчете используйте температурную зависимость истинной изобарной теплоемкости веществ. Далее указанный образец вещества С подвергли изотермическому расширению или сжатию при температуре T_3 до установления давления P_2 . Вычислите изменение энтропии в изотермическом процессе, а также значение молярной энтропии газа С в конечном состоянии при давлении P_2 и температуре T_3 . Газ считайте идеальным.

Таблица 2. Данные для расчета изменения энтропии

№ вар.	Вещество С	$g \cdot 10^3$, кг	T_3 , К	P_2 , атм	№ вар.	Вещество С	$g \cdot 10^3$, кг	T_3 , К	P_2 , атм
1.	CH ₄	2,2	610	1,5	26.	F ₂	5,7	642	1,25

2.	CO ₂	4,4	633	1,7	27.	CO	3,3	735	1,6
3.	AsCl ₃	8,3	585	0,48	28.	HI	3	655	0,3
4.	NO ₂	2,3	515	0,35	29.	SO ₃	12	510	1,3
5.	SO ₂	3,2	650	0,44	30.	NOCl	6,6	520	1,43
6.	BF ₃	3,35	640	0,65	31.	NO ₂	1,8	575	0,53
7.	Cl ₂	7,1	790	1,5	32.	SO ₂	2,3	710	0,36
8.	HF	4	720	1,8	33.	BF ₃	1,12	680	0,87
9.	SiH ₄	2,4	670	0,55	34.	Cl ₂	3,3	850	1,8
10.	CF ₄	2,2	560	0,2	35.	HF	2,9	770	1,2
11.	CH ₃ Cl	3,7	630	0,7	36.	SiH ₄	1,8	710	0,8
12.	CH ₃ F	5,2	680	1,25	37.	CF ₄	2,9	620	0,6
13.	C ₂ H ₄	4,1	710	1,8	38.	CH ₃ Cl	4,1	580	0,9
14.	O ₂	7,8	605	2,3	39.	CH ₃ F	3,8	620	0,78
15.	SiF ₄	8,4	820	0,75	40.	C ₂ H ₄	2,6	770	0,87
16.	N ₂	5,6	750	3,5	41.	O ₂	6,1	662	1,7
17.	CH ₃ Br	6,4	525	0,4	42.	SiF ₄	5,3	745	0,42
18.	HCl	5,2	720	2,1	43.	N ₂	4,4	870	2,17
19.	BCl ₃	11	590	1,6	44.	CH ₃ Br	2,5	565	0,12
20.	C ₂ H ₂	4	657	1,9	45.	HCl	6,7	790	2,4
21.	C ₂ H ₆	3	550	0,8	46.	BCl ₃	8,8	620	1,7
22.	HBr	4,3	590	0,6	47.	C ₂ H ₂	3	705	0,23
23.	NH ₃	3,4	610	1,75	48.	C ₂ H ₆	4,5	620	0,16
24.	NO	6	690	2	49.	HBr	1,3	645	0,75
25.	H ₂ S	5	620	1,4	50.	NH ₃	2,3	660	1,35

Тема 2.1 Химическое равновесие. Тема 2.2 Фазовое равновесие (однокомпонентные системы)

Задания 3. Химическое равновесие

По справочным данным приведите по два примера реакций в идеальной газовой смеси, для которых:

- 1) при повышении общего давления равновесие смещается в сторону исходных веществ или в сторону продуктов реакции;
- 2) при разбавлении смеси инертным газом (при $P = \text{const}$, $T = \text{const}$) равновесие смещается в сторону исходных веществ или в сторону продуктов реакции;
- 3) изменение общего давления и разбавление смеси инертным газом не влияют на равновесный выход продукта.

Ответ обоснуйте анализом соответствующих выражений.

Задания 4. Фазовое равновесие в двухкомпонентных системах, диаграммы кипения систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов

Для двухкомпонентной системы А-В даны сочетания равновесных составов жидкости и пара (мольн.%) в зависимости от температуры при постоянном давлении P (табл.4). По этим данным исследуйте фазовое равновесие «жидкость – пар» в данной системе.

- 1) Постройте диаграмму «х-у» – зависимость равновесного состава пара от состава жидкой фазы при $P = \text{const}$. Проведите на ней диагональ $y = x$, уточните состав азеотропа.
- 2) Постройте T -х-диаграмму кипения системы А-В при $P = \text{const}$ и подпишите на ней все фазовые поля и линии моновариантного равновесия.
- 3) Определите температуру начала кипения жидкого раствора с концентрацией a мольн.% вещества А (табл.4) при давлении P . Укажите состав первого пузырька пара, выделяющегося при начале кипения.

Таблица 4. Данные о двухкомпонентных системах

№	Система А–В, общее давление P	Концентра- ция А (мольн.%)		t , °C	№	Система А–В, общее давление P	Концентра- ция А (мольн.%)		t , °C
		в жид- кой фазе (x)	в паре (y)				в жид- кой фазе (x)	в паре (y)	
1, 31	Гексан C_6H_{14} – этанол C_2H_6O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	78,4	16, 46	Сероуглерод CS_2 – ацетон C_3H_6O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	56,2
		1,0	9,5	76,0			1,9	8,3	54,0
		2,0	19,5	73,2			4,8	18,5	51,4
		6,0	36,5	67,4			13,4	35,1	46,6
		8,0	42,0	65,9			18,6	44,3	44,0
		15,2	53,2	61,8			29,1	52,7	41,4
		24,5	60,5	59,4			38,0	57,4	40,3
		33,3	63,0	58,7			44,8	59,8	39,8
		45,2	64,0	58,4			53,6	62,7	39,3
		58,8	65,0	58,1			65,3	66,1	39,1
		67,0	66,0	58,0			78,9	70,5	39,3
		72,5	67,0	58,2			80,2	72,3	39,6
		76,5	67,5	58,4			88,0	76,0	40,5
		89,8	71,0	59,2			96,8	88,6	43,5
		95,5	74,5	60,2			100	100	46,3
		99,0	84,0	63,5					
		99,4	93,5	66,7					
		100	100	68,7					
2, 32	Этанол C_2H_6O – циклогексан C_6H_{12} $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	80,7	17, 47	Метанол CH_4O – тетрахлор- метан CCl_4 $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	76,7
		2,0	17,5	74,0			0,2	2,0	76,1
		3,0	30,2	69,1			0,4	12,0	72,3
		6,5	35,8	66,9			1,3	24,1	67,6
		8,1	36,3	66,1			1,7	26,4	66,8
		8,6	36,5	66,2			3,0	38,3	62,0
		12,5	38,8	65,6			5,0	44,5	59,4
		15,1	39,6	65,2			10,7	49,0	57,2
		20,6	40,8	65,1			12,4	50,0	56,9
		25,8	41,5	64,9			24,8	52,2	56,2
		28,3	41,8	64,9			40,1	53,6	55,8
		31,5	42,6	64,8			45,2	54,1	55,75
		36,6	43,0	64,8			50,5	54,8	55,75
		40,3	43,1	64,8			55,0	55,2	55,65
		43,1	43,1	64,8			56,5	55,2	55,7
		44,4	43,8	64,8			60,3	56,1	55,7
		50,0	44,3	64,8			67,6	57,6	55,75
		55,7	45,5	64,9			72,5	59,1	56,0
		61,3	46,0	65,0			72,7	59,5	56,0
		62,1	45,8	65,0			76,4	60,3	56,3
		67,8	47,5	65,2			81,3	63,0	56,7
		73,8	50,5	65,6			83,8	64,9	57,1
		77,6	51,5	65,9			86,8	67,7	57,7
		78,1	49,8	66,4			88,3	69,5	58,2
		80,9	54,5	66,9			89,7	71,6	58,6

		83,3 85,3 88,1 89,8 90,9 92,9 95,1 100	57,8 59,5 62,3 65,3 67,8 72,5 72,8 100	67,3 68,0 68,9 69,4 70,1 71,4 72,5 78,4			91,7 93,8 94,8 96,2 97,9 98,6 100	75,3 80,3 82,3 86,4 91,0 93,9 100	59,5 60,4 60,8 61,8 62,8 63,5 64,7
3, 33	Ацетонитрил C_2H_3N – вода H_2O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 0,2 0,6 1,5 3,9 9,9 18,8 27,9 34,9 59,7 72,6 79,5 88,0 91,4 95,0 96,0 100	0,0 18,0 27,9 32,0 44,7 55,0 58,5 62,7 64,5 69,3 72,4 74,0 79,5 83,5 85,1 87,9 100	100,0 95,0 91,7 90,1 85,2 80,9 79,3 78,4 78,2 76,3 76,0 76,3 77,1 77,9 78,8 79,2 81,5	18, 48	Тетрахлор- метан CCl_4 – этанол C_2H_6O $P=9,93 \cdot 10^4$ Па	0,0 3,2 7,0 11,4 16,6 23,0 31,0 41,1 55,7 72,9 100	0,0 16,6 26,5 35,4 43,5 49,8 53,6 56,9 59,7 66,9 100	77,9 74,8 72,4 70,2 68,3 66,6 65,3 64,4 63,9 64,3 75,9
4, 34	Тетрахлор- метан CCl_4 – н-пропанол C_3H_8O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 5,8 14,1 30,0 44,1 52,2 68,3 81,8 85,1 95,0 100	0,0 25,3 45,0 63,3 70,7 73,9 78,2 81,8 83,1 89,5 100	97,2 90,8 84,5 78,3 75,8 74,7 73,9 73,4 73,6 74,2 76,7	19, 49	1,1,2-трифтор- 1,2,2-трихлор- этан $C_2F_3Cl_3$ – бром Br_2 $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 2,7 8,1 11,1 16,1 33,1 54,5 80,0 86,8 89,7 95,1 100	0,0 20,9 37,0 41,0 44,9 47,7 54,5 69,3 75,2 80,8 89,5 100	58,9 51,6 46,1 43,4 42,0 41,2 41,0 42,5 43,4 44,2 45,7 47,6
5, 35	Азотная кислота HNO_3 – вода H_2O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 9,6 11,7 13,9 17,5 18,3 22,5 26,6 27,7 34,1 37,4 38,3 48,5 52,1 54,7	0,0 0,95 1,50 2,11 4,23 5,10 8,95 13,6 16,0 25,9 36,5 37,4 73,0 81,1 85,0	100,0 106,4 107,8 109,4 111,8 112,3 114,8 116,8 117,5 119,4 119,9 120,0 116,1 113,4 110,8	20, 50	Азотная кислота HNO_3 – вода H_2O $P = 4,67 \cdot 10^4$ Па	0,0 7,7 13,4 15,3 19,2 21,4 24,9 29,0 35,3 37,2 40,4 47,1 52,5 57,0 58,9	0,0 0,1 1,4 1,7 4,8 6,4 10,7 18,1 33,5 37,9 48,4 60,9 74,2 82,3 83,1	79,7 84,0 89,3 90,4 93,3 94,8 97,0 98,7 100,2 100,3 99,6 97,2 92,5 88,4 86,3

		65,1 71,9 76,5 81,6 100	94,2 97,2 98,7 99,3 100	102,9 96,1 92,0 88,4 83,4			64,5 67,2 74,7 76,6 91,8 100	89,6 90,2 93,0 93,3 98,9 100	78,0 75,7 73,1 68,7 62,3 60,8
6, 36	Фтороводород HF – вода H ₂ O P=1,013·10 ⁵ Па	0,0 4,95 9,2 18,9 22,8 27,9 33,8 34,4 35,2 35,78 35,83 36,6 39,7 44,4 50,3 52,2 56,0 58,2 61,7 69,8 79,8 87,9 100	0,0 0,8 1,8 6,4 10,6 17,8 30,5 32,1 34,0 35,7 35,8 38,6 47,5 63,3 81,0 86,2 92,2 95,8 98,9 98,7 99,2 99,5 100	100,0 101,6 102,8 106,8 108,4 110,3 111,7 112,0 112,1 112,3 112,4 112,1 111,4 108,7 101,7 98,9 90,9 86,6 79,0 61,6 45,1 33,5 19,4	21	Тетрахлор- метан CCl ₄ – изопропанол C ₃ H ₈ O P=1,013·10 ⁵ Па	0,0 4,4 5,9 10,4 15,8 19,0 23,6 28,0 31,7 34,3 37,7 46,2 49,4 51,2 58,7 66,1 68,1 74,1 78,9 82,4 84,7 94,6 98,9 100	0,0 14,6 18,3 28,3 34,5 39,9 43,8 46,3 49,7 50,0 53,1 55,8 58,8 58,9 61,9 64,1 64,9 67,0 69,5 71,1 74,2 84,2 94,0 100	82,4 78,8 78,0 75,7 73,7 72,5 71,6 70,9 70,1 69,5 69,7 69,4 68,5 68,3 68,3 68,6 68,8 68,9 69,1 69,3 69,3 71,4 74,8 76,7
7, 37	Вода H ₂ O – гидразин N ₂ H ₄ P=1,013·10 ⁵ Па	0,0 11,0 18,6 23,9 24,4 28,4 32,6 36,7 43,4 46,1 51,7 54,6 54,7 59,9 63,1 68,3 70,6 73,3 80,8 84,7 89,3 100	0,0 6,3 11,0 17,3 18,0 22,6 25,9 34,1 44,5 50,8 62,1 66,6 68,3 76,7 80,8 88,0 88,9 92,4 97,3 98,6 99,3 100	114,0 116,0 117,1 118,2 118,3 118,8 119,2 119,1 120,1 119,9 119,1 118,6 118,4 116,6 115,7 113,6 112,7 110,8 106,8 104,5 102,8 100,0	22	Этилацетат C ₄ H ₈ O ₂ – этанол C ₂ H ₆ O P=1,013·10 ⁵ Па	0,0 1,6 5,8 6,8 9,2 12,2 12,7 16,7 21,5 22,4 26,5 29,0 34,7 43,7 64,0 76,0 87,0 90,0 92,0 97,5 100	0,0 3,5 12,0 13,2 17,7 21,7 22,7 26,5 32,5 33,5 37,3 40,0 44,0 49,3 60,2 70,5 80,0 83,6 87,4 93,0 100	78,4 77,7 76,4 76,1 75,6 75,0 74,9 74,2 73,6 73,5 73,1 72,8 72,4 72,0 71,8 72,6 74,4 75,0 75,5 76,7 77,2

8, 38	Этанол C_2H_6O – бензол C_6H_6 $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	80,1	23	Тетрахлор- метан CCl_4 – метилэтил- кетон C_4H_8O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	79,5
		2,7	13,7	76,1			7,5	10,9	78,3
		6,3	24,8	72,7			15,3	20,6	76,9
		10,0	30,7	70,8			23,8	30,0	75,8
		16,7	36,0	69,2			31,0	37,4	75,1
		24,5	39,0	68,4			41,3	46,2	74,2
		34,1	42,2	68,0			47,6	51,6	73,9
		45,0	44,7	67,9			60,8	62,0	73,8
		57,8	47,8	68,0			66,4	66,3	73,7
		68,0	52,8	68,7			71,4	70,0	73,8
		76,6	56,6	69,5			79,9	77,1	74,1
		82,0	61,5	70,4			85,5	82,0	74,6
		90,5	72,5	72,7			95,0	92,9	75,8
		98,4	93,7	76,9			100	100	76,7
		100	100	78,4					
9, 39	Метанол CH_4O – бензол C_6H_6 $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	80,1	24	Вода H_2O – муравьиная кислота $HCOOH$ $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	100,7
		2,8	31,0	69,4			25,2	18,4	105,2
		5,0	39,5	66,8			26,3	19,6	105,4
		5,7	42,0	65,7			29,2	21,7	105,8
		9,0	48,5	61,4			32,1	24,4	106,3
		12,0	56,0	59,2			36,6	29,9	106,8
		27,0	57,5	58,0			41,2	32,3	106,9
		44,0	58,5	57,8			58,7	72,5	106,4
		58,6	61,0	57,7			66,8	78,7	105,4
		69,5	62,5	57,6			74,0	85,8	104,1
		81,7	65,5	58,1			80,2	90,0	103,1
		88,3	70,0	58,9			83,7	92,0	102,6
		90,2	73,0	59,6			88,4	94,3	101,8
		93,4	80,1	60,4			91,1	96,0	101,4
		94,5	82,2	61,2			100	100	100,0
		96,8	90,0	62,4					
		98,8	94,2	63,4					
		100	100	64,7					
10, 40	Метанол CH_4O – трихлор- этилен C_2HCl_3 $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	86,7	25	Аллиловый спирт C_3H_6O – вода H_2O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0	0,0	100,0
		0,1	4,5	83,5			1,0	7,3	98,1
		2,8	18,8	78,2			1,7	12,9	95,9
		4,0	36,0	70,1			4,1	25,0	92,6
		5,1	52,3	64,1			9,0	34,6	90,2
		9,4	60,0	60,9			10,9	34,6	89,6
		23,7	64,4	60,4			23,6	40,9	88,9
		30,0	64,2	60,1			26,7	39,9	88,9
		34,8	64,0	60,1			29,6	41,5	88,9
		57,6	66,0	59,6			45,8	44,3	88,7
		64,6	67,0	59,4			47,4	45,4	88,7
		72,4	68,9	59,4			49,7	45,0	88,8
		82,0	72,9	59,5			52,8	47,1	88,9
		88,8	77,8	60,1			54,7	47,5	88,9
		90,2	80,0	60,4			61,1	49,1	89,0
		92,4	82,0	60,7			62,8	54,3	89,1
		94,4	84,6	61,0			66,6	55,5	89,4
		95,1	87,0	61,4			72,1	56,8	89,7
		96,4	90,2	61,8			77,2	61,4	91,1

		98,0 99,2 100	93,3 96,3 100	62,5 63,3 64,5			85,3 87,0 100	72,7 74,5 100	92,9 93,4 97,0
11, 41	Н-пропанол C_3H_8O – вода H_2O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 1,0 2,0 4,0 6,0 10,0 20,0 30,0 40,0 43,2 50,0 60,0 70,0 80,0 85,0 90,0 96,0 100	0,0 11,0 21,6 32,0 35,1 37,2 39,2 40,4 42,4 43,2 45,2 49,2 55,1 64,1 70,4 77,8 90,0 100	100,0 95,0 92,0 90,5 89,3 88,5 88,1 87,9 87,8 87,8 87,9 88,3 89,0 90,5 91,5 92,8 95,0 97,3	26	Н-пропанол C_3H_8O – вода H_2O $P=2,67 \cdot 10^4$ Па	0,0 0,3 1,2 3,2 7,0 13,9 23,1 31,1 41,2 54,5 73,0 87,8 100	0,0 5,2 16,8 29,5 36,3 37,8 38,8 40,0 41,6 44,6 54,2 69,8 100	66,4 65,6 62,8 59,3 57,5 57,1 56,8 56,7 56,7 56,8 58,2 61,2 65,8
12, 42	Изопропанол C_3H_8O – вода H_2O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 0,8 2,0 4,9 8,4 12,3 19,9 23,9 33,1 46,0 58,4 65,0 68,1 68,4 73,3 77,0 81,0 85,2 88,7 91,5 93,2 100	0,0 14,7 23,1 46,6 50,2 53,8 54,4 55,6 56,5 59,4 63,6 66,6 68,1 68,5 71,4 74,0 77,0 81,3 85,0 88,0 90,1 100	100,0 95,3 90,8 83,8 82,6 81,4 81,2 81,1 80,8 80,4 80,1 80,1 80,1 80,1 80,1 80,1 80,3 80,5 80,8 81,0 81,2 82,4	27	Изопропанол C_3H_8O – вода H_2O $P=1,27 \cdot 10^4$ Па	0,0 1,4 3,4 5,1 7,9 13,9 18,5 26,1 38,7 50,8 57,2 64,9 65,8 68,6 73,5 74,0 77,1 81,9 88,4 94,2 100	0,0 16,5 31,0 40,5 48,2 51,6 52,8 54,7 57,0 60,3 62,5 65,6 66,0 67,4 70,4 70,7 72,7 76,6 83,0 90,4 100	50,7 47,1 43,4 41,2 39,0 37,8 37,6 37,1 36,9 36,2 36,2 36,2 36,2 36,2 36,2 36,2 36,3 36,4 37,0 37,6 38,0
13, 43	Вода H_2O – 1,4-диоксан $C_4H_8O_2$ $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 3,7 13,5 31,2 46,0 55,8 70,2 79,7 86,5	0,0 21,0 38,2 47,7 50,7 51,0 54,0 55,7 57,5	101,1 94,8 89,6 87,8 87,7 87,6 87,9 88,2 88,6	28	Метилцикло- пентан C_6H_{12} – этанол C_2H_6O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 1,5 3,5 10,2 14,3 20,0 28,7 42,0 53,3	0,0 9,2 18,5 40,7 48,1 54,0 58,7 61,8 63,9	78,4 76,1 73,65 67,0 64,6 62,8 61,2 60,3 60,1

		90,9 94,8 97,6 99,2 100	61,0 66,5 77,3 89,7 100	89,4 91,0 93,9 97,2 100,0			65,2 78,4 91,5 97,0 98,5 100	65,0 66,8 70,5 77,8 85,0 100	60,05 60,3 61,25 63,7 66,3 71,8
14, 44	Толуол C_7H_8 – уксусная кислота $C_2H_4O_2$ $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 0,8 3,0 5,3 7,0 9,8 13,4 19,4 25,3 31,3 37,1 42,8 47,3 52,1 57,1 68,7 74,5 78,1 88,5 92,2 95,2 100	0,0 7,1 12,9 16,3 19,5 25,3 29,5 36,0 41,8 46,7 47,7 50,2 51,9 54,5 56,5 63,1 65,0 68,1 76,4 81,9 86,7 100	118,0 115,5 113,4 112,0 110,5 108,8 107,6 106,6 105,6 104,9 104,9 104,7 104,5 104,4 104,4 104,6 104,8 105,1 105,8 106,7 107,5 110,5	29	Ацетон C_2H_6O – метанол CH_4O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 2,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0 55,0 60,0 65,0 70,0 75,0 80,0 85,0 87,0 90,0 95,0 98,0 100	0,0 4,7 10,8 19,6 27,0 33,5 38,8 43,2 47,6 51,4 54,9 58,8 62,1 65,5 69,1 72,6 76,3 80,0 83,6 85,3 88,5 94,1 97,7 100	64,6 64,0 63,0 61,6 60,6 59,5 58,7 58,1 57,4 56,9 56,5 56,2 56,0 55,8 55,6 55,5 55,4 55,4 55,5 55,6 55,8 56,0 56,1
15, 45	Бензол C_6H_6 – н-пропанол C_3H_8O $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 4,9 10,4 18,0 25,4 39,8 50,4 64,0 76,4 79,2 83,4 91,6 95,6 100	0,0 14,2 29,6 43,6 53,0 62,2 68,0 72,8 77,4 77,6 81,2 86,4 91,6 100	97,25 92,8 88,4 84,8 82,0 79,0 77,4 76,5 76,0 76,05 76,2 76,9 78,25 80,1	30	Бром Br_2 – 1,1,1,2- тетрахлор- 2,2- дифторэтан $C_2F_2Cl_4$ $P=1,013 \cdot 10^5$ Па	0,0 2,7 13,8 23,8 38,9 50,8 87,2 90,8 93,5 99,1 100	0,0 14,9 46,1 60,0 72,6 77,8 88,9 90,8 92,5 98,1 100	91,6 89,0 77,6 71,0 64,8 61,5 57,9 57,8 57,9 58,4 58,9

Тема 4.1 Поверхностные явления и дисперсные системы. Количественные характеристики дисперсности. Термодинамика поверхностных явлений.

Тема 4.2. Поверхностное натяжение как характеристика поверхностной энергии

1. Что изучает коллоидная химия и каковы признаки ее объектов?
2. По каким признакам классифицируют объекты коллоидной химии? Приведите примеры дисперсных систем.
3. Какие поверхностные явления изучает коллоидная химия?

4. Что является мерой гетерогенности и степени раздробленности дисперсных систем?
5. Какими параметрами характеризуют степень раздробленности и какова связь между ними?
6. Что такое поверхностное натяжение и в каких единицах оно измеряется?
7. Как зависит поверхностное натяжение от природы вещества, образующего поверхность (межмолекулярного взаимодействия)?
8. Какие методы используются для определения поверхностного натяжения жидкостей и твердых тел?
9. На чем основано измерение поверхностного натяжения жидкостей методом капиллярного поднятия?
10. На чем основано измерение поверхностного натяжения жидкостей методом наибольшего давления пузырька воздуха? Положительным или отрицательным будет избыточное давление в жидкости на границе с воздушным пузырьком?

4.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Рассчитайте размер частиц ZnO, зная, что их растворимость на 7 % (масс.) больше растворимости крупных кристаллов. Межфазное натяжение при 298 К примите равным 960 мДж/м², плотность ZnO 5,60 г/см³. Молярная масса оксида цинка составляет 81,4 г/моль.
2. Рассчитайте полную поверхностную энергию 7 г эмульсии бензола в воде с концентрацией 75 % мас. и дисперсностью 1 мкм⁻¹ при температуре 353 К. Плотность бензола составляет 0,858 г/см³, межфазное натяжение 26,13 мН/м, температурный коэффициент межфазного натяжения примите $d\sigma/dT = -0,13$ мДж/(м²·К).
3. Используя уравнение Гуи - Чепмена, рассчитайте значение потенциала на расстоянии 10 и 30 нм от межфазной поверхности. Дисперсионной средой является водный раствор NaCl с концентрацией $c_0 = 5 \cdot 10^{-4}$ моль/л (индифферентный электролит), $T = 293$ К, $\varepsilon = 80,1$, $\varphi_\delta = 0,03$ В.
4. Рассчитайте и постройте интегральную кривую распределения объема пор адсорбента по размерам, используя данные капиллярной конденсации метанола на силикагеле при 293 К:

p/ps	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
A, моль/кг (адсорбция)	0,8	1,3	1,6	2,2	3,4	3,9
A, моль/кг (десорбция)	0,8	1,4	2,0	3,0	3,7	3,9

Плотность метанола $\rho = 0,788$ г/см³, поверхностное натяжение $\sigma = 22,6$ мДж/м².