

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«28» \_\_\_ 06 \_\_\_ 2022 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.19** Физическая химия

Учебный план: 2022-2023 20.03.01 ИПХиЭ ТБ ЗАО №1-3-98.plx

Кафедра: **44** Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки:  
(специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки: Инженерная защита окружающей среды  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Лаб. занятия				
2	УП	4	32		1	
	РПД	4	32		1	
3	УП	4	157	11	5	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	4	157	11	5	
Итого	УП	8	189	11	6	
	РПД	8	189	11	6	

Санкт-Петербург  
2022

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2020 г. № 680

Составитель (и):

кандидат химических наук, Доцент

\_\_\_\_\_

Пеганова Наталья  
Владимировна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии

\_\_\_\_\_

Новоселов Николай  
Петрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай  
Юрьевич

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области основных законов, определяющих направленность химических и фазовых превращений, скорости их протекания, влияния на них среды, примесей, излучения; для выбора методов и обоснования технических решений, направленных на обеспечение техносферной безопасности.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- раскрыть роль физической химии в процессах, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и защиту производственного персонала
- показать теоретические и практические возможности физической химии для анализа и корректировки мероприятий по охране окружающей среды с целью повышения экологической безопасности и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физика

Математика

Информационные технологии

Общая и неорганическая химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-1: Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;**

**Знать:** основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии.

**Уметь:** прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии.

**Владеть:** навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Химическая термодинамика и учение о химическом равновесии	2				
Тема 1. Предмет химической термодинамики. Основные понятия. Нулевое и первое начала термодинамики. Расчет тепловых эффектов химических процессов. Второе начало термодинамики. Возможность и направление самопроизвольного протекания процессов. Применение второго начала термодинамики к химическим процессам. Термодинамические функции.		1		8	ИЛ
Тема 2. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Химическое равновесие. Термодинамическая теория химического сродства. Расчет термодинамических характеристик химических реакций и определение направленности процесса в заданных условиях. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Парциальные величины. Зависимость химического потенциала компонента от состава термодинамической системы. Константа химического равновесия. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Влияние температуры на химическое равновесие. Уравнение изобары химической реакции. Расчет термодинамических параметров химических реакций. Определение направления процесса в системе, состав которой задан. Расчёт состава равновесной смеси.		1		8	
Раздел 2. Основы учения о фазовых превращениях					
Тема 3. Основные определения. Условие фазового равновесия. Правило фаз. Однокомпонентные системы. Фазовые равновесия в однокомпонентной системе. Анализ диаграмм состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Двухкомпонентные системы. Равновесия: жидкость - пар. Закон Рауля и анализ отклонений от него. Растворы газов в жидкостях. Закон Генри. Влияние давления и температуры на растворимость газов в жидкостях. Температуры кипения и кристаллизации растворов нелетучих веществ. Осмотическое давление растворов.	1		8	ИЛ	

Тема 4. Двухкомпонентные системы. Равновесия: жидкость - пар. Диаграммы кипения летучих смесей. Законы Коновалова. Разделение неограниченно смешивающихся жидкостей методом перегонки. Равновесия жидкость - жидкость. Двухкомпонентные системы. Равновесия кристаллы - жидкость. Диаграммы плавкости бинарных систем. Построение диаграмм плавкости. Термический анализ		1		8	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4		32	
Консультации и промежуточная аттестация - нет		0			
Раздел 3. Химическая кинетика					
Тема 5. Формальная кинетика. Термодинамический и кинетический критерии реакционной способности системы. Основные понятия. Скорость реакции. Классификация химических реакций. Кинетическое уравнение элементарной реакции. Закон действующих масс. Факторы, влияющие на скорость сложной химической реакции. Главная задача формальной кинетики. Кинетика односторонних реакций 1-го порядка. Кинетика односторонних реакций 2-го порядка. Кинетика односторонних реакций n-ого порядка. Экспериментальные исследования кинетики реакций. Вывод механизма реакции из кинетических экспериментов.  Лабораторная работа "Исследование кинетики реакции каталитического разложения пероксида водорода"	3	1	4	33	
Тема 6. Теоретическая кинетика и катализ. Теоретические представления кинетики элементарных реакций. Теория активных столкновений. Основные положения теории. Вывод основного уравнения. Теория активированного комплекса. Катализаторы и ингибиторы химических реакций. Цепные реакции (реакции зарождения цепи, реакции развития цепи, обрыв цепи). Фотохимические реакции (законы Гротгуса–Дрепера, Вант–Гоффа, фотохимической эквивалентности). Каталитические реакции. Закономерности кислотно-основного катализа. Катализ комплексными соединениями. Ферментативный катализ. Гетерогенный катализ		1		45	НИ
Раздел 4. Электрохимия					

<p>Тема 7. Растворы электролитов. Активность и коэффициент активности. Теория ионных растворов Дебая-Гюккеля. Интерактивная работа: Границы применимости предельного закона Дебая. Электропроводность растворов электролитов. Удельная, молярная и эквивалентная электропроводности электролитов. Закон Кольрауша. Закон разведения Оствальда. Предельная подвижность иона. Число переноса иона. Методы определения чисел переноса. Кондуктометрия</p> <p>Лабораторная работа "Кондуктометрическое титрование".</p>		1	4	33	АС
<p>Тема 8. Электрохимические цепи. Электродвижущие силы гальванических элементов. Классификация электродов. Электродные потенциалы. Классификация электрохимических цепей. Химические источники тока. Гальванические элементы.</p>		1		46	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4	8	157	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		4,5		6,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		20,5		195,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Сформировать компетенции обучающегося в области физико-химических знаний о химических процессах, химических и фазовых превращениях, необходимых для организации, контроля и инженерной защиты окружающей среды; сформировать умения самостоятельного решения поставленной задачи, а также умения и навыков оформления своего решения в математической форме, в виде графической зависимости и пояснительной записки.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** 1. Адсорбция и разделение десорбата методом ректификации

2. Абсорбция и разделение раствора методом ректификации

3. Абсорбция и разделение, концентрирование раствора методом обратного осмоса

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Работа выполняется индивидуально с использованием расчетного метода с обязательным теоретическим обоснованием.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 25-30 листов печатного текста, содержащего следующие обязательные элементы:

- Введение
- Расчеты процессов
- Теоретическое обоснование процессов
- Графические зависимости
- Аппаратурное оформление процесса (схема, рисунки с описанием)
- Заключение

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

#### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-1	Излагает законы и основные уравнения химической термодинамики, методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах, термодинамику растворов электролитов и электрохимических	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания

	<p>систем, принципы и уравнения формальной кинетики и кинетики сложных цепных, гетерогенных и фотохимических реакций, основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа.</p> <p>Использует принципы и уравнения формальной кинетики и кинетики сложных цепных, гетерогенных и фотохимических реакций для описания физической картины мира, пространственно-временных закономерностей и физико-химических процессов. Может обосновать выбор метода вычисления кинетических параметров характеристики системы по экспериментальным данным, в том числе с применением информационных технологий.</p> <p>Анализирует и рассчитывает термодинамические параметры физико-химических процессов, методику и технику лабораторного эксперимента и рассчитывает основные параметры системы.</p>	Курсовая работа
--	---	-----------------

#### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, грамотно излагает материал и способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.	Обучающийся владеет профессиональной терминологией, показывает высокий уровень применения знаний, умений и навыков в своей работе, дает обоснование предлагаемых решений; использует основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой, работа выполнена безукоризненно в отношении объема, оформления и представления, сдана в установленный срок. На защите представлен доклад, который в полном объеме отражает выполненные задания, на все вопросы даны исчерпывающие ответы
4 (хорошо)	Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, грамотно излагает материал и способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач, но допускает отдельные несущественные ошибки.	Обучающийся владеет профессиональной терминологией, показывает требуемый уровень применения знаний, умений и навыков в своей работе при некоторых погрешностях проработки заданий курсовой работы. Работа выполнена в полном объеме, но имеются ошибки в оформлении и представлении. Работа сдана в установленный срок. На защите представлен доклад, который не в полном объеме отражает выполненные задания, на вопросы даны ответы разной степени полноты
3 (удовлетворительно)	Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, допускает несколько существенных ошибок в ответе.	Обучающийся демонстрирует знания, умения и навыки в минимально допустимом объеме. Имеет место наличие ошибок; имеются погрешности в оформлении работы. Курсовая работа сдана с существенным запозданием

2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, демонстрирует отрывочные знания, не способен иллюстрировать ответ примерами, допускает множественные существенные ошибки в ответе.	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, задания выполнены в недопустимом объеме с грубыми ошибками, оформление работы не соответствует требованиям. Курсовая работа сдана с существенным запозданием. Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.
-------------------------	---	---

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 3	
1	Основные положения и понятия химической термодинамики: система, фаза, параметры и функции состояния системы. Экстенсивные и интенсивные свойства системы. Процессы, теплота, работа.
2	Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики, его формулировки.
3	Тепловой эффект химической реакции. Связь тепловых эффектов при постоянном давлении и постоянном объеме. Закон Гесса. Следствия закона Гесса и расчет тепловых эффектов химических реакций.
4	Теплоемкость веществ. Зависимость теплоемкости веществ от температуры. Изобарная и изохорная теплоемкость газов.
5	Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа в дифференциальной и интегральной форме. Его вывод и анализ. Методы расчета тепловых эффектов при температурах, отличных от 298 К: по средним теплоемкостям, по температурным рядам теплоемкостей.
6	Второй закон термодинамики и его формулировки. Энтропия и ее статистическое толкование. Неравенство Клаузиуса. современные формулировки 2-ого закона.
7	Расчет изменения энтропии в различных процессах: при фазовых переходах, при нагревании системы, при смешении идеальных газов.
8	III закон термодинамики. Постулат Планка. Расчет абсолютного значения энтропии.
9	Объединенное выражение I и II законов термодинамики. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Критерии направления процессов в закрытых системах. Принцип экстремумов.
10	Энтропия как критерий равновесия и направленности процессов в изолированных системах.
11	Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Их содержание, анализ и практическая значимость.
12	Химический потенциал. Зависимость химического потенциала компонента системы от состава в идеальных и реальных системах.
13	Критерии направленности протекания процесса и равновесия в системе с переменным составом. Уравнение изотермы химической реакции. Его вывод и анализ. Влияние состава исходной смеси на направление химического процесса в системе. Химическое сродство.
14	Признаки химического равновесия в системах переменного состава. Термодинамическое условие химического равновесия. Термодинамическое обоснование закона действующих масс. Стандартная константа равновесия для газофазных реакций.
15	Химическое равновесие в гетерогенных системах.
16	Влияние давления на химическое равновесие.
17	Влияние температуры на химическое равновесие. Уравнение изобары химической реакции (вывод и анализ).
18	Приближенное интегрирование уравнения изобары. Расчет теплового эффекта реакции по температурной зависимости константы равновесия.
19	Расчет равновесной степени превращения и равновесного состава для стехиометрических и нестехиометрических смесей.
20	Принцип Ле-Шателье. Влияние различных факторов на смещение равновесия.
21	Химическое равновесие в реальных растворах. Понятия фугитивности, активности, коэффициента активности.
22	Фазовые равновесия Основные понятия фазового равновесия (фаза, число независимых компонентов, число степеней свободы). Правило фаз Гиббса.
23	Вывод уравнения Клаузиуса-Клайперона. Частные решения. Экспериментальное определение теплоты фазового перехода.
24	Двухкомпонентные системы. Способы выражения концентраций.
25	Зависимость парциального давления компонента от состава раствора. Закон Рауля Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля.



26	Экспериментальное определение зависимости температуры кипения – составы паровой и жидкой фаз. Уравнение Гиббса-Коновалова. Законы Коновалова.
27	Принципы простой перегонки и ректификации. Законы Вревского, Коновалова.
28	Перегонка с водяным паром. Расчёт расхода водяного пара для очистки высококипящего компонента.
29	Растворы нелетучих веществ. Диаграмма состояния кристаллизующихся систем с эвтектикой. Практические задачи, вытекающие из диаграммы состояния кристаллизующихся систем в области охраны окружающей среды.
30	Диаграмма состояния и кривые охлаждения бинарных систем, кристаллизующихся с эвтектикой. Принципы охлаждения и размораживания. Практические примеры для бинарных смесей.
31	Особенности растворов электролитов. Основные характеристики растворов электролитов.
32	Практическое применение кондуктометрического титрования. Вид кривой кондуктометрического титрования в зависимости от силы кислотности или основности титранта и реагента. Определение точки эквивалентности.
33	Коэффициент активности в растворах сильных электролитов. Средний ионный коэффициент активности. Электропроводимость растворов электролитов.
34	Электрохимический эквивалент энергии Гиббса. Электродвижущая сила. Правила записи электрохимических систем. Расчет термодинамических функций и констант электрохимических реакций.
35	Стандартный потенциал электрода. Стандартный водородный электрод. Ряд напряжений элементов. Правила записи электрохимических систем.
36	Экспериментальное измерение и термодинамическое вычисление ЭДС гальванического элемента. Правило использования стандартных потенциалов в уравнении Нернста.
37	Кондуктометрия, потенциометрия в области охраны окружающей среды и ресурсосбережения.
38	Основные понятия химической кинетики. Экспериментальные методы определения порядка реакции.
39	Молекулярность и порядок реакции. Примеры реакций с различными и с одинаковыми молекулярностью и порядком.
40	Кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной форме. Примеры для реакций с целым, дробным, нулевым и первым порядком.
41	Общий и частный (по реагенту) порядки реакции. Способы определения порядков реакции по реагентам для различных типов реакций.
42	Основное уравнение теории активного состояния. Энергетические кривые химического процесса. Экспериментальное определение энергии активации.
43	Кинетика сложных реакций и гетерогенных процессов.
44	Определение и свойства катализаторов. Примеры механизмов каталитического действия.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрены.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания находятся в приложении к РПД.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами и калькулятором.

Время подготовки ответов на задания экзаменационного билета - 60 минут.

На защиту курсовой работы отводится не более 20 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Березовчук, А. В.	Физическая химия	Саратов: Научная книга	2019	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/81087.html">https://www.iprbooks.hop.ru/81087.html</a>

Гребенников, С. Ф., Ибрагимова, Р. И.	Физическая химия. Курс лекций	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2018	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/102580.html">https://www.iprbooks.hop.ru/102580.html</a>
Ибрагимова Р. И., Пеганова Н. В., Холохонова Л. И., Новоселов Н. П.	Физическая химия. Кинетика и катализ. Кинетические исследования химических процессов	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2021	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168</a>
Луков, В. В., Морозов, А. Н.	Физическая химия	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/87772.html">http://www.iprbookshop.ru/87772.html</a>
Мчедлов-Петросян Н. О., Зевацкий Ю. Э., Самойлов Д. В.	Физическая химия. Кислотно-основные равновесия в водных растворах	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201803">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201803</a>
Булидорова, Г. В., Шилова, С. В., Альметкина, Л. А., Галяметдинов, Ю. Г.	Проверка текущих и остаточных знаний студентов по дисциплине «Физическая химия»	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/100593.html">http://www.iprbookshop.ru/100593.html</a>
Тимакова Е.В., Казакова А.А.	Физическая химия. Сборник заданий с примерами решений: учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2018	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=367728">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=367728</a>
Грызунов В.И.	Физическая химия. Учебное пособие	Москва: Флинта	2019	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=341666">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=341666</a>
Тимакова, Е. В., Казакова, А. А.	Физическая химия. Лабораторный практикум	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2018	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/91473.html">https://www.iprbooks.hop.ru/91473.html</a>
Тимакова, Е. В., Казакова, А. А.	Физическая химия. Сборник заданий с примерами решений	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2018	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/91475.html">https://www.iprbooks.hop.ru/91475.html</a>
Белоусова, Н. В., Васильева, М. Н., Симонова, Н. С., Шиманский, А. Ф.	Физическая химия	Красноярск: Сибирский федеральный университет	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/100142.html">http://www.iprbookshop.ru/100142.html</a>
Смирнова А.И., Суставова Т.А., Липин В.А.	Физическая химия. Электрохимия	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059</a>
Гребенников С. Ф., Ибрагимова Р. И.	Физическая химия. Курс лекций	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222</a>
Смирнова А.И., Ишанходжаева М.М.	Физическая химия. Часть 2	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20185043">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20185043</a>
Смирнова А.И., Суставова Т.А., Липин В.А.	Физическая химия. Часть 1	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20195045">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20195045</a>
Архипова, Н. В., Кособудский, И. Д.	Физическая химия	Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/108705.html">http://www.iprbookshop.ru/108705.html</a>

<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Мчедлов-Петросян, Н. О., Зевацкий, Ю. Э., Самойлов, Д. В., Мчедлова-Петросяна, Н. О.	Физическая химия. Кислотно-основные равновесия в водных растворах	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102579.html">http://www.iprbookshop.ru/102579.html</a>
Рублинецкая, Ю. В., Расцепкина, Н. А., Стифатов, Б. М., Ильиных, Е. О., Слепушкин, В. В.	Физическая химия	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2018	<a href="https://www.iprbooks hop.ru/111662.html">https://www.iprbooks hop.ru/111662.html</a>
Андреев, Л. А., Бокштейн, Б. С., Новикова, Е. А., Родин, А. О., Руднева, Е. В., Астахов, М. В.	Физическая химия	Москва: Издательский Дом МИСиС	2016	<a href="https://www.iprbooks hop.ru/56609.html">https://www.iprbooks hop.ru/56609.html</a>
Черепанов, В. А., Зуев, А. Ю., Малышкин, Д. А., Середа, В. В., Цветков, Д. С., Цветкова, Д. С.	Физическая химия	Екатеринбург: Издательство Уральского университета	2018	<a href="https://www.iprbooks hop.ru/106543.html">https://www.iprbooks hop.ru/106543.html</a>
Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Новоселов Н. П., Зайцева Е. И., Холохонова Л. И.	Физическая химия. Органическая химия. Интерактивное лабораторное занятие	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192</a>
Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Зайцева Е.И.	Физическая химия. Курсовая работа	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017191">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017191</a>
Берлинский, И. В., Луцкий, Д. С.	Физическая химия	Саратов: Вузовское образование	2018	<a href="https://www.iprbooks hop.ru/77219.html">https://www.iprbooks hop.ru/77219.html</a>
Берлинский, И. В., Луцкий, Д. С.	Физическая химия	Саратов: Вузовское образование	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/77219.html">http://www.iprbookshop.ru/77219.html</a>
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф.	Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 2. Химическое и фазовое равновесие	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66612.html">http://www.iprbookshop.ru/66612.html</a>
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф.	Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 1. Экстенсивные свойства гомогенных систем	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66611.html">http://www.iprbookshop.ru/66611.html</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

- Список физико-химических величин системы СИ с обозначениями и размерностью [Электронный ресурс]. URL: <http://old.iupac.org/reports/1993/homann/index.html>
- Ивтантермо — база данных термодинамических свойств индивидуальных веществ [Электронный ресурс]. URL: [chem.msu.ru/rus/handbook/ivtan](http://chem.msu.ru/rus/handbook/ivtan)
- Банк данных радиационных и энергетических параметров двухатомных молекул [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/chinfo/raden/welcome.html>
- Окислительно-восстановительные потенциалы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/handbook/redox/welcome.html>
- База данных Термические Константы Веществ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html>
- Бесплатный онлайн инструментарий по химии. ChemDB Web Interface Index. [Электронный ресурс]. URL: <http://cdb.ics.uci.edu/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>
- Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru>
- Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://publish.sutd.ru>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows

MicrosoftOfficeProfessional

1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения

### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированная физико-химическая лаборатория, которая оснащена: лабораторными столами, лабораторной посудой, аналитическими и техническими весами, сушильным шкафом, вытяжными шкафами, дистиллятором, водяной баней, рефрактометрами, поляриметрами, калориметрами, кондуктометрами, потенциометрами, рН-метром, ионометром, лабораторным комплексом «Химия», установкой для потециометрического титрования, установкой для кондуктометрического титрования, установкой для криометрических измерений, установкой для изучения равновесия «жидкость-пар», установкой для изучения ЭДС гальванических элементов.

В лаборатории имеется доска, персональные компьютеры и мультимедийный экран для выполнения интерактивных работ и просмотра видеоматериалов.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска

**Приложение**  
рабочей программы дисциплины Физическая химия  
наименование дисциплины

по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
наименование ОП (профиля): Инженерная защита окружающей среды

Типовые практико-ориентированные задания:

1. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить тепловой эффект или стандартную энтальпию реакции ( $\Delta_r H^\circ$ ) реакции
 
$$2N_2 + 6H_2O_{(г)} = 4NH_3 + 3O_2$$
 при температуре 298 К.
2. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить тепловой эффект или стандартную энтальпию реакции ( $\Delta_r H^\circ$ ) реакции
 
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3_{(г)}$$
 при температуре 298 К и записать уравнения, которые позволят рассчитать эту величину при 500 К.
3. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить стандартную энтропию ( $\Delta_r S^\circ$ ), реакции:
 
$$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O_{(г)}$$
 при температуре 298 К и записать уравнения, которые позволят рассчитать эту величину при температуре 450 К.
4. По интегральному уравнению изобары рассчитать константу равновесия ( $K^0$ ) некоторой реакции при заданной температуре 500 К, если известно, что при температуре 470 К константа равновесия этой реакции равна величине 0,0158, а при температуре 530 К равна 0,282.
5. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить стандартную энтропию реакции ( $\Delta_r S^\circ$ ),
 
$$C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$$
 при температуре 600 К.
6. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить стандартную энергию Гиббса реакции ( $\Delta_r G^\circ$ ),
 
$$CO_2 + H_2 = CO + H_2O_{(г)}$$
 при температуре 298 К.
7. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить стандартную энергию Гиббса реакции ( $\Delta_r G^\circ$ ),
 
$$2H_2 + CO = CH_3OH_{(г)}$$
 при температуре 298 К.
8. Используя таблицу стандартных термодинамических величин химических веществ, вычислить константу равновесия реакции ( $K^0$ ),
 
$$2H_2 + CO = CH_3OH_{(г)}$$
 при температуре 298 К.
9. По интегральному уравнению изобары рассчитать константу равновесия ( $K^0$ ) некоторой реакции при заданной температуре 630 К, если известно, что при температуре 600 К константа равновесия этой реакции равна величине 8,94, а при температуре 660 К равна 54,87.
10. По интегральному уравнению изобары рассчитать константу равновесия ( $K^0$ ) некоторой реакции при заданной температуре 540 К, если известно, что при температуре 510 К константа равновесия этой реакции равна величине 0,121, а при температуре 570 К равна 1,427.
11. Давление водяного пара при 316 К равно 60,1 мм.рт.ст. Считая среднюю теплоту испарения в интервале 313 – 323 К постоянной и равной 2400 Дж/г, найти давление водяного пара при 320 К.
12. Посчитать массу глицерина, добавленного к 1 кг воды, чтобы понизить её температуру замерзания на 3 градуса.
13. Найти давление паров воды над раствором 30 г сахара (глюкозы  $C_6H_{12}O_{11}$ ) в 200 г  $H_2O$  при 100 °С. При какой температуре закипит раствор?
14. Водный раствор некоторого нелетучего вещества замерзает при –1 °С. Раствор находится в открытом стакане при нормальном атмосферном давлении. При какой температуре он будет кипеть? Какое давление пара будет над ним при температуре кипения?
15. Найти молекулярную массу растворенного вещества, если водный раствор 1 г вещества в 50 мл воды замерзает при температуре –0,015 °С.
16. Определить молярную массу частиц, в виде которых находится йод в растворе нитробензола, если известно, что раствор 0,1482 г йода в 22,4051 г нитробензола замерзает при 5,39 °С. Чистый нитробензол замерзает

при 5,82 °С. Криоскопическая константа нитробензола – 8,1 К·кг/моль.

17. Для раствора 0,8 г белка в 150 мл воды в осмометре обнаружено при 25 °С повышение уровня раствора на 248 мм. Вычислите молекулярную массу белка.
18. По диаграмме (см. рисунок) определить а) температуру, при которой при заданном внешнем давлении ( $P=101,3\text{Па}$ ) начнется кипение жидкого раствора, содержащего по 100г каждого из компонентов; б) состав первого пузырька пара; в) температуру, при которой исчезнет последняя капля жидкости; г) состав последней капли жидкости. (На диаграмме состав смеси выражен в мольных долях пропанола.)

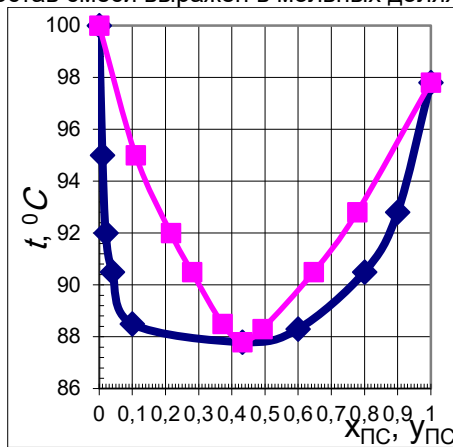


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O} - \text{H}_2\text{O}$  ( $P=101,3\text{Па}$ )

19. По диаграмме (см. рисунок) определить, образуют ли вода и азотная кислота азеотропную смесь. Если образуют, то определить состав азеотропа и его температуру кипения.

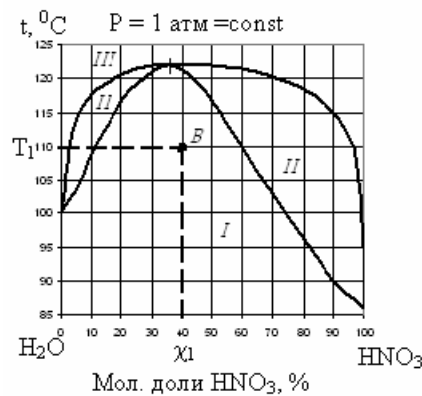


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$

20. По диаграмме (см. рисунок) определить: какой компонент может быть методом перегонки выделен из системы, состоящей из 630 г  $\text{HNO}_3$  и 180 г  $\text{H}_2\text{O}$ ?

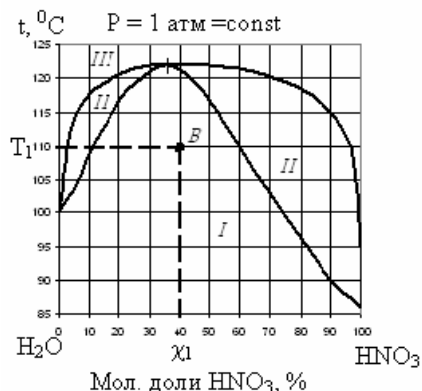


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$

21. На рисунке представлена диаграмма состояния смеси пропанол - вода. Рассчитать какого компонента и сколько надо добавить к смеси содержащей 20 % мольн. пропанола, чтобы получилась азеотропная смесь?

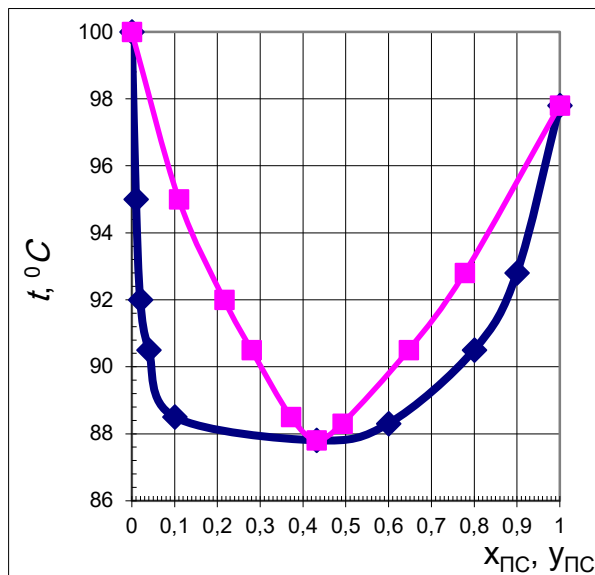


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O} - \text{H}_2\text{O}$  ( $P=101,3\text{Па}$ )

22. По диаграмме (см. рисунок) определить образуют ли компоненты системы азеотропную смесь. Если образуют, то определить состав азеотропа и его температуру кипения. Описать систему, которой соответствует отмеченная на диаграмме фигуративная точка.

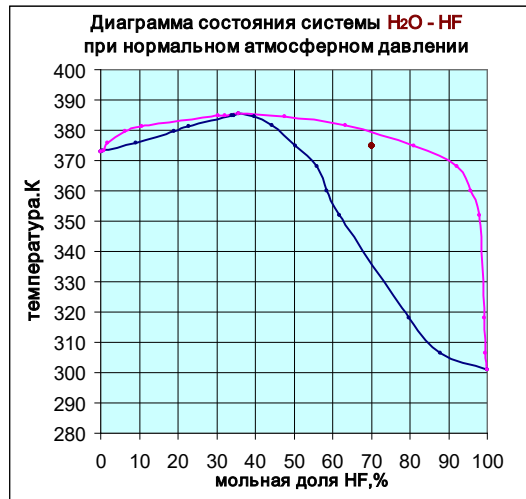


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{H}_2\text{O} - \text{HF}$

23. По диаграмме (см. рисунок) определить: какой компонент может быть методом перегонки выделен из системы, состоящей из 100 кг вещества А и 100 кг вещества Б? (На диаграмме состав смеси выражен в мольных долях воды.) Описать систему, которой соответствует отмеченная на диаграмме фигуративная точка.

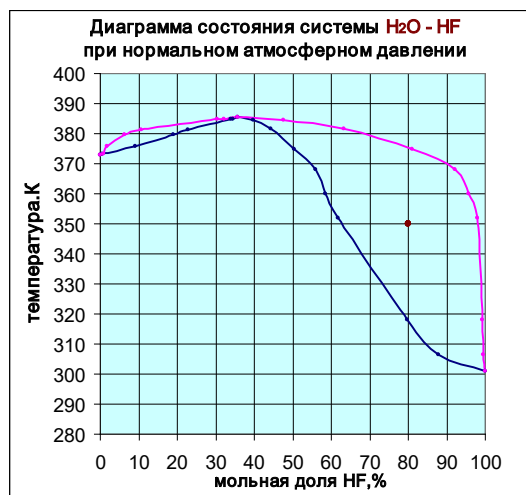


Рисунок. Диаграмма состояния системы  $\text{H}_2\text{O} - \text{HF}$

24. На рисунке представлена диаграмма состояния смеси диметилформамид - вода. Рассчитать число степеней свободы системы, содержащей 80 % (мольных) диметилформамида и находящейся при температуре 140 °С.

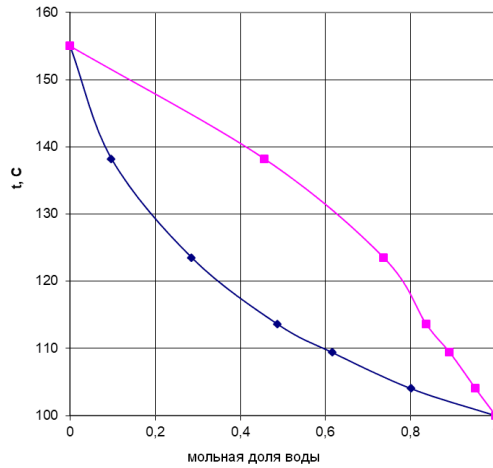
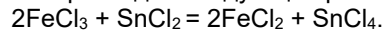


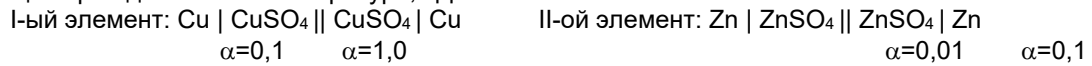
Рисунок. Диаграмма состояния системы: **H<sub>2</sub>O - диметилформамид** (P=101,3Па)

25. Вычислить ионную силу и средний ионный коэффициент активности электролита в растворе  $Al_2(SO_4)_3$  концентрации  $c = 0,011$  моль/дм<sup>3</sup>.
26. Рассчитайте  $\lambda^\circ$  для сильного электролита, если при концентрациях 0,01 и 0,04 г моль /л, его молярная электропроводность равна 123,7 и 114,5 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>.
27. Вычислить абсолютную скорость движения иона H<sup>+</sup>, если подвижность его при данных условиях равна 349,7 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>.
28. Константа диссоциации уксусной кислоты равна  $1,76 \cdot 10^{-5}$ . Для 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствора CH<sub>3</sub>COOH определите молярную электропроводность, если известно, что для этой кислоты молярная электропроводность при бесконечном разведении равна 390,7 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>.
29. ЭДС цепи, составленной из стандартного водородного электрода и водородного электрода, опущенного в исследуемый раствор кислоты при давлении водорода в газовой фазе 1 атм. Определить pH исследуемого раствора.
30. Составьте гальванический элемент, в котором идет следующая реакция:



Рассчитайте константу равновесия этой реакции, используя справочные данные о стандартных электродных потенциалах.

31. Пренебрегая диффузионным потенциалом, сделайте вывод о том, у какого из следующих двух элементов, работающих при одинаковой температуре, ЭДС больше



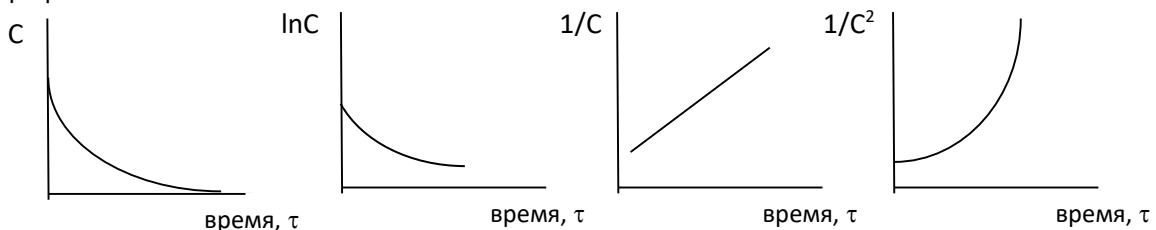
При каких условиях электродный потенциал водородного электрода условно принимается равным нулю.

Изобразите схему водородного электрода. Электродный потенциал нормального водородного электрода при T = 298 K считают равным 0. Чему равен потенциал водородного электрода при T = 310 K.

32. Определите направление процессов в таких системах (активность компонентов  $a_i = 1$ ):

- а)  $KMnO_4$ ,  $K_2MnO_4$ ,  $KCl$ ,  $Cl_2$ ;
- б)  $KMnO_4$ ,  $MnCl_2$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ;
- в)  $Fe^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ;
- г)  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Cl^-$ ,  $Cl_2$ .

33. Разложение вещества происходит по уравнению реакции первого порядка с константой скорости  $k=0,3$  мин<sup>-1</sup>. Рассчитать время, в течении которого концентрация вещества А уменьшится в 3 раза.
34. Химический процесс:  $A \rightarrow B+C$  протекает реакция второго порядка с константой скорости  $k=0,3$  л/(моль·мин). Начальная концентрация вещества А 0,5 моль/л. Определить концентрацию вещества А через 10 мин.
35. Исследована кинетика реакции  $A \rightarrow B+C$ . Экспериментальные данные представлены в виде следующих графиков:



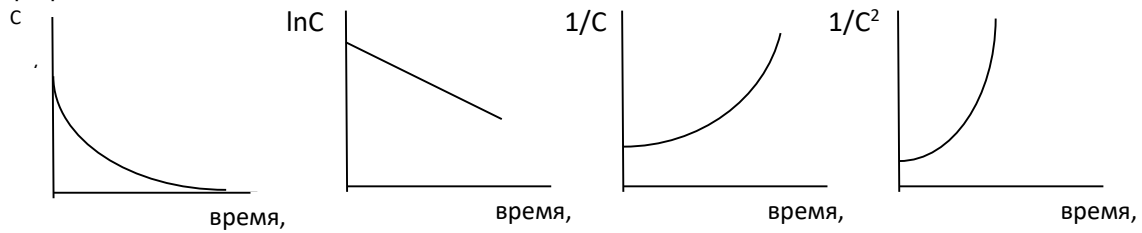
Записать кинетическое уравнение данной реакции в дифференциальной и интегральной форме. Указать размерность величин.

36. Известны константы скорости реакции при  $T_1=550$  K и  $T_2=570$  K  $k_1=3,5$  мин<sup>-1</sup> и  $k_2=14,6$  мин<sup>-1</sup>. Определить константу скорости при температуре T= 500 K.
37. Энергия активации прямой реакции (100 кДж/моль), проводимой при 300 K, в присутствии катализатора



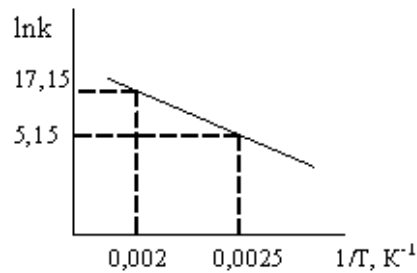
уменьшилась на 10%. Во сколько раз изменится скорость реакции?

38. Разложение вещества происходит по уравнению реакции первого порядка с константой скорости  $k=0,4 \text{ ч}^{-1}$ . Рассчитать период полупревращения вещества А.
39. Химический процесс:  $A \rightarrow B+C$  протекает реакция второго порядка с константой скорости  $k=0,43 \text{ л}/(\text{моль}\cdot\text{мин})$ . Начальная концентрация вещества А 0,5 моль/л. Определить концентрацию вещества А через 1,5 часа.
40. Исследована кинетика реакции  $A \rightarrow B+C$ . Экспериментальные данные представлены в виде следующих графиков:



Записать кинетическое уравнение данной реакции в дифференциальной и интегральной форме. Указать размерность величин.

41. Известны константы скорости реакции при  $T_1=450 \text{ К}$  и  $T_2=470 \text{ К}$   $k_1=2,1 \text{ мин}^{-1}$  и  $k_2=10,6 \text{ мин}^{-1}$ . Определить константу скорости при температуре  $T= 400 \text{ К}$ .
42. Константы скорости некоторой реакции при 273 и 373 К равны, соответственно, 3,4 и 27,6. Найти значение константы скорости этой реакции при 298 К.
43. На рисунке изображена зависимость константы скорости реакции от температуры. Определить энергию активации данной реакции.



Рисунок

44. Радиоактивный распад атомов описывается кинетическим уравнением 1-ого порядка. Период полураспада трития – около 12 лет. Рассчитайте время, необходимое для распада 90 % трития, 99 % трития. Сколько трития распадётся через 120 лет?
45. При повышении температуры на 30 градусов скорость реакции выросла в 8 раз. Рассчитать энергию активации реакции при 300 К.