

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 15 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Физическая химия  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – изучение физической химии, являющейся теоретической базой процессов получения, обработки и модификации материалов; формирование осознанной необходимости знаний законов и методов физической химии при решении проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

- изучение закономерностей протекания физико-химических процессов с точки зрения направления, полноты, скорости и механизма в гомогенных и гетерогенных системах;
- формирование умения выполнять термодинамические расчеты в различных областях температур;
- формирование умения описывать кинетику протекания химических процессов;
- формирование навыков проведения экспериментальных исследований с использованием современного оборудования и приборов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные методы физической химии;
- законы термодинамики и кинетики;
- физико-химические процессы, гомогенные и гетерогенные взаимодействия.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает законы и методы физической химии, основные закономерности физико-химических процессов, протекающих в различных системах	Знает основные закономерности протекания химических процессов и гетерогенных взаимодействий, законы физикохимии конденсированного состояния, особенности физико-химических процессов, протекающих в материалах при взаимодействии с окружающей средой	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов, применять основные законы физической химии в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности	Умеет выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов, применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности	Индивидуальное задание
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками использования методов физической химии для описания, анализа и экспериментального исследования физических и химических систем, процессов и явлений	Владеет навыками использования методов физической химии, физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических и химических систем, процессов и явлений	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	9	9	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Химическая термодинамика	5	4	4	23
<p>Тема 1. Первый закон термодинамики. Термохимические расчеты</p> <p>Основные понятия и определения химической термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа. Первый закон термодинамики. Закон Гесса, следствия из закона Гесса. Термохимия. Теплоемкость. Расчеты тепловых эффектов химических реакций, теплоты агрегатных превращений при различных температурах. Зависимость тепловых эффектов процессов от температуры. Вывод и анализ Уравнения Кирхгофа.</p> <p>Тема 2. Второй закон термодинамики. Определение направления процессов</p> <p>Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Применение энтропии как критерия равновесия и направления процессов в изолированной системе. Третий закон термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Химический потенциал. Физический смысл этих величин. Применение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в качестве критериев направленности процессов в изотермических системах. Фугитивность.</p>				
Химическое равновесие	3	4	2	8
<p>Тема 3. Константа равновесия и полнота протекания процесса</p> <p>Динамическая и термодинамическая характеристики равновесия. Константа равновесия химической реакции и состав системы. Способы выражения константы равновесия в гомогенных и гетерогенных системах. Вычисление состава равновесной системы, выхода продукта, степени превращения исходных веществ. Принцип смещения равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Термодинамический закон действия масс. Константа равновесия и стандартное изменение энергии Гиббса. Расчет изменения энергии Гиббса и констант равновесия для различных температур, приближенные методы расчета константы равновесия.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Кинетика химических реакций	4	4	2	16
Тема 4. Кинетика гомогенных реакций Основные понятия формальной кинетики. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ. Молекулярность и порядок реакции. Кинетические уравнения (дифференциальные и интегральные) реакций целого порядка. Период полупревращения. Тема 5. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Методы определения кинетических констант Экспериментальные методы определения скорости и порядка реакции. Зависимость скорости и константы скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации процесса, ее физический смысл. Методы определения энергии активации.				
Кинетика гетерогенных процессов	4	6	1	16
Тема 6. Общие представления о кинетике гетерогенных процессов Особенности гетерогенных процессов, стадийность. Соотношение кинетических и диффузионных факторов скорости процесса, кинетическая и диффузионная области протекания гетерогенного процесса. Диффузия, первый и второй законы Фика. Коэффициент диффузии. Гетерогенные процессы при стационарной конвективной диффузии. Кинетика растворения твердого тела в жидкости. Уравнение Щукарева. Тема 7. Топохимические реакции. Адсорбция на поверхности твердого тела Кинетика процессов, связанных с образованием новых фаз. Топохимические реакции, особенности их протекания. Уравнения скорости процесса для различного числа зародышей новой фазы. Уравнение Ерофеева. Теория адсорбции Ленгмюра. Вывод изотермы монослойной адсорбции Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Экспериментальные методы определения адсорбции и нахождения констант адсорбционного равновесия. Природа адсорбционных сил. Физическая и химическая адсорбция. Зависимость адсорбции от температуры.				
ИТОГО по 5-му семестру	16	18	9	63
ИТОГО по дисциплине	16	18	9	63

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Первый закон термодинамики. Термохимические расчеты. Расчет тепловых эффектов реакций в стандартных и нестандартных условиях
2	Второй закон термодинамики. Энтропия. Энергия Гиббса. Определение направления протекания реакции
3	Химическое равновесие. Расчет константы равновесия. Вычисление состава равновесной системы и выхода продукта реакции
4	Кинетика гомогенных реакций. Методы определения порядка реакции. Определение кинетических характеристик простых односторонних реакций
5	Зависимость скорости химических реакций от температуры. Расчет энергии активации. Кинетика гетерогенных реакций

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение теплоты растворения хорошо растворимых солей
2	Изучение химического равновесия в гетерогенной системе
3	Определение порядка гомогенной химической реакции
4	Изучение кинетики разложения карбонатов металлов
5	Изучение адсорбции на границе твердое тело – жидкость

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Артёмов А. В. Физическая химия : учебник для вузов / А. В. Артёмов. - Москва: Академия, 2013.	15
2	Зимон А. Д. Физическая химия : учебник для вузов / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. - Москва: Химия, 2000.	10
3	Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. - Москва: Высш. шк., 2003.	153
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А. А. Равделя, А.М. Пономаревой. - М.: Аз-book, 2009.	58
2	Кудряшов И. В. Сборник примеров и задач по физической химии : учебное пособие для вузов / И. В. Кудряшов, Г. С. Каретников. - Москва: Альянс, 2017.	11
3	Физическая химия. Применение расчётных методов в химической термодинамике : учебное пособие для вузов / О. И. Бахирева [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	288
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Акулова Ю. П. Физическая химия. Теория и задачи / Акулова Ю. П., Изотова С. Г., Проскурина О. В., Черепкова И. А. - Санкт-Петербург: Лань, 2020, 228 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139289">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139289</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Соколова М. М. Физическая химия. Основы химической термодинамики и химическое равновесие / М. М. Соколова, О. И. Бахирева, Н. Б. Ходяшев, О. В. Нагорный. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4550">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4550</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Афанасьев Б. Н. Физическая химия / Афанасьев Б. Н., Акулова Ю. П. - Санкт-Петербург: Лань, 2012, 416 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan4312">http://elib.pstu.ru/Record/lan4312</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Свиридов В. В. Физическая химия / Свиридов В. В., Свиридов А. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2016, 600 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan87726">http://elib.pstu.ru/Record/lan87726</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Соколова М. М. Индивидуальные задания по физической химии / М. М. Соколова, О. И. Бахирева. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2015.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4648">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4648</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	<a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Насос вакуумный	1
Лабораторная работа	Перемешивающее устройство LOIP LT100	1
Лабораторная работа	Печь трубчатая СУОЛ 0,25	3
Лабораторная работа	Потенциометры Р 363/3	2
Лабораторная работа	pH –метр pH-150 м	2
Лабораторная работа	Термостат LOIP LT100	1
Лабораторная работа	Учебно-лабораторный комплекс «Химия» (включает модули «Термостат», «Электрохимия»)	4
Лекция	Мультимедийный класс. Проектор потолочного крепления Panasonic	1
Практическое занятие	Компьютерный класс. Персональные компьютеры "Декада"	5

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Физическая химия»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр »

**Выпускающая кафедра:** Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт: 5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл.

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	ИЗ	ТО	ОЛР	Т/КР	Зачет	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать законы и методы физической химии, основные закономерности физико-химических процессов, протекающих в различных системах	С	ТО		КР	ТВ	
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов	ИЗ		ОЛР	КР	ПЗ	
У.2 уметь применять основные законы физической химии в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности	ИЗ		ОЛР	КР	ПЗ	

Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками использования методов физической химии для описания, анализа и экспериментального исследования физических и химических систем, процессов и явлений				ОЛР		КЗ

Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа по модулю);

ОЛР – отчет по лабораторной работе;

ИЗ – индивидуальное задание;

С – собеседование;

ТО – теоретический опрос;

ТВ – теоретический вопрос (зачет);

ПЗ – практическое задание (задача на зачете);

КЗ – комплексное задание (зачет).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

**Текущий контроль** осуществляется в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### 2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Химическая термодинамика. Химическое равновесие», вторая КР – по модулю 2 «Кинетика химических реакций. Кинетика гетерогенных процессов».

#### Типовые задания первой КР:

1. Рассчитайте тепловой эффект реакции  $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$  при температуре 700 К. Молярные теплоемкости водорода, кислорода и воды соответственно равны 28,83; 29,37 и 33,7  $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  (считайте их приближенно постоянными в интервале температур 298÷700 К).

2. Истинная молярная теплоемкость оксида кальция выражается уравнением  $C_p = 48,83 + 4,519 \cdot 10^{-3} T$ ,  $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ . Определите количество теплоты, необходимое для нагревания 10 кг CaO от 0 до 900°C.

3. Для реакции  $\text{S}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$  рассчитайте изменение энергии Гиббса при  $T = 700\text{К}$ . Напишите выражение для константы равновесия. Укажите условия ( $P$ ,  $T$ ), способствующие смещению равновесия в сторону прямой реакции.

#### Типовые задания второй КР:

1. Реакция 1-го порядка при температуре 25°C завершается на 30% за 30 мин. При какой температуре реакция завершится на 60% за 40 мин, если энергия активации равна 30 кДж·моль<sup>-1</sup>?

2. При изучении кинетики реакции  $n\text{A} \rightarrow \text{B}$  получили следующие данные:

время, мин	0	10	20	30	40
[A], моль/дм <sup>3</sup>	0,62	0,44	0,31	0,22	0,16

Определите порядок реакции и константу скорости.

3. В реакции  $2\text{HI} \leftrightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$  известны константы скорости прямой и обратной реакций: при температуре  $500^\circ\text{C}$   $k_{\text{пр.}} = 23,3$ ;  $k_{\text{обр.}} = 1,05 \cdot 10^3$ , а при температуре  $700^\circ\text{C}$   $k_{\text{пр.}} = 9,05 \cdot 10^3$ ;  $k_{\text{обр.}} = 2,08 \cdot 10^5$  (все константы выражены в  $\text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ). Рассчитайте энергии активации прямой и обратной реакций.

### **Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

##### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

##### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов химических реакций. Связь между тепловым эффектом при постоянном давлении и тепловым эффектом при постоянном объеме.

2. Уравнение, объединяющее первый и второй законы термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Физический смысл этих величин.

3. Общие представления о гетерогенных процессах, особенности их протекания. Кинетическая и диффузионная области протекания гетерогенного процесса. Основные отличительные признаки протекания процессов в различных областях.

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Рассмотреть способы расчета теплового эффекта химической реакции при различных температурах.

2. Составить выражения для констант равновесия ( $K_x$ ,  $K_C$ ,  $K_P$ ) гомогенной и гетерогенной реакций. Записать уравнения, связывающие различные виды констант равновесия.

3. Охарактеризовать различные методы определения порядка гомогенной реакции.

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести термодинамическое обоснование возможности протекания реакции при данной температуре. Рассчитать константу равновесия. Указать условия, способствующие смещению равновесия в сторону прямой реакции.

2. Проанализировать результаты кинетического эксперимента. Рассчитать энергию активации реакции. Определить область протекания гетерогенного процесса.

3. На основании данных кинетического эксперимента определить порядок реакции гомогенной реакции, рассчитайте константу скорости, время полупревращения, составить кинетическое уравнение.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать*, *уметь*, *владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать*, *уметь* и *владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

**3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.