

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: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 20.03.02 Природообустройство и водопользование
(код и наименование направления)

Направленность: Природообустройство и природоохранная деятельность
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование комплекса знаний основ физической химии, являющейся теоретической базой разработки экологически безопасных технологических процессов; формирование умений и навыков применения законов и методов физической химии при решении проблем, возникающих в области природообустройства и водопользования.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение закономерностей протекания химических процессов с точки зрения направления, полноты, скорости и механизма; взаимодействий в гомогенных и гетерогенных системах;
- формирование умения выполнять расчеты тепловых эффектов, полноты протекания процессов в различных областях температур; описывать кинетику протекания химических процессов;
- формирование навыков работы на современном оборудовании и приборах при решении задач, возникающих в профессиональной деятельности.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные методы физической химии;
- законы термодинамики и кинетики;
- 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-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основные законы и методы физической химии, необходимые для теоретического обоснования процессов очистки сточных вод и водоотведения	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области водоотведения, очистки сточных вод; технологии очистки сточных вод; нормативно-правовое обеспечение водоснабжения и водоотведения; профессиональные компьютерные программные средства, необходимые для обеспечения работы и эффективности очистных сооружений	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-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет применять законы физической химии в расчетах технологических параметров и разработке технологий систем водоочистки	Умеет определять основное и вспомогательное техническое и технологическое оборудование, рассчитывать технологические параметры предлагать технологические решения по повышению эффективности работы систем водоочистки	Индивидуальное задание
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками обосновывать параметры, методы и технологические решения повышения эффективности работы систем водоотведения, очистки сточных вод посредством использования знаний основ физической химии	Владеет навыками обосновывать параметры, методы и технологические решения повышения эффективности работы систем водоотведения, очистки сточных вод посредством использования специальных знаний и экспертных источников информации	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:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

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	6	8	0	18
<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	2	8	0	9
<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	8	0	15
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	12	0	12
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	36	0	54
ИТОГО по дисциплине	16	36	0	54

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение теплоты растворения хорошо растворимых солей
2	Определение теплоты образования кристаллогидрата
3	Изучение химического равновесия гомогенной реакции, протекающей в водном растворе
4	Изучение химического равновесия в гетерогенной системе
5	Определение порядка гомогенной химической реакции по времени полупревращения
6	Определение порядка гомогенной химической реакции графическим методом
7	Изучение кинетики растворения труднорастворимых солей
8	Изучение кинетики разложения карбонатов металлов
9	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.

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 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
1. Основная литература		
1	Артёмов А. В. Физическая химия : учебник для вузов. Москва : Академия, 2013. 284 с. 18,0 усл. печ. л.	15
2	Зимон А. Д., Лещенко Н. Ф. Физическая химия : учебник для вузов. Москва : Химия, 2000. 317 с. 20,0 усл. печ. л.	10
3	Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия : учебник для вузов. 5-е изд., испр. Москва : Высш. шк., 2003. 527 с.	152
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Краткий справочник физико-химических величин / Барон Н. М., Пономарева А. М., Равдель А. А., Тимофеева З. Н. 10-е изд., испр. и доп. Москва : Альянс, 2019. 238 с. 15,0 усл. печ. л.	6
2	Кудряшов И. В., Каретников Г. С. Сборник примеров и задач по физической химии : учебное пособие для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Альянс, 2017. 527 с.	11
3	Физическая химия. Применение расчётных методов в химической термодинамике : учебное пособие для вузов / Бахирева О. И., Соколова М. М., Пан Л. С., Ходяшев Н. Б. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 219 с.	287
4	Физическая химия. Химическая термодинамика и химическое равновесие : учебное пособие / Бахирева О. И., Соколова М. М., Пан Л. С., Ходяшев Н. Б. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 235 с. 14,75 усл. печ. л.	15
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139289	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Бахирева О.И. Физическая химия. Химическая термодинамика и химическое равновесие : учебное пособие / Бахирева О. И., Соколова М. М., Пан Л. С., Ходяшев Н. Б. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 235 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7635	сеть Интернет; свободный 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.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4550	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Афанасьев Б. Н. Физическая химия / Афанасьев Б. Н., Акулова Ю. П. - Санкт-Петербург: Лань, 2012, 416 с.	http://elib.pstu.ru/Record/lan4312	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Свиридов В. В. Физическая химия / Свиридов В. В., Свиридов А. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2016, 600 с.	http://elib.pstu.ru/Record/lan87726	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: Изд-во ПНИПУ, 2015, 567 с.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4648	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
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Весы аналитические ВЛТ-150-П	1
Лабораторная работа	Насос вакуумный	1
Лабораторная работа	Перемешивающее устройство LOIP LS 210	1
Лабораторная работа	Печь трубчатая СУОЛ 0,25	3
Лабораторная работа	pH –метр pH-150 м	2
Лабораторная работа	Термостат LOIP LT 100	1
Лабораторная работа	Учебно-лабораторный комплекс «Химия» (включает модули «Термостат», «Электрохимия»)	4
Лекция	Мультимедийный класс. Проектор потолочного крепления Panasonic	1

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: 20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль) образовательной программы: Природообустройство и природоохранная деятельность

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Охрана окружающей среды

Форма обучения: Очная

Курс: 3 **Семестр:** 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:
Экзамен: 5 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 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. 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
Усвоенные знания						
З.1 знать основные законы и методов физической химии, необходимые для теоретического обоснования процессов очистки сточных вод и водоотведения	ИЗ	ТО		КР		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь применять законы физической химии в расчетах технологических параметров и разработке технологий систем водоочистки	ИЗ		ОЛР	КР		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками обосновывать параметры, методы и технологические решения повышения эффективности работы систем водоотведения, очистки сточных вод посредством			ОЛР			КЗ

использования физической химии	знаний	основ						
-----------------------------------	--------	-------	--	--	--	--	--	--

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

ОЛР – отчет по лабораторной работе;

ИЗ – индивидуальное задание;

ТО – теоретический опрос;

ТВ – теоретический вопрос (экзамен);

ПЗ – практическое задание (задача на экзамене);

КЗ – комплексное задание (экзамен).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, 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.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме индивидуального задания и 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 СаО от 0 до 900°С.

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°С завершается на 30% за 30 мин. При какой температуре реакция завершится на 60% за 40 мин, если энергия активации равна 30 кДж·моль⁻¹?

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

время, мин	0	10	20	30	40
[A], моль/дм ³	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°C $k_{\text{пр.}} = 23,3$; $k_{\text{обр.}} = 1,05 \cdot 10^3$, а при температуре 700°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 индивидуальных заданий, отчетов лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно 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. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

1. Типовые вопросы и задания для экзамена 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 усвоенных 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, составьте кинетическое уравнение.

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

2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена 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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.