

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.07.2023 14:18:00  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«26» апреля 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Принципы и технология катализа**

Направление подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность программы магистратуры

**Неорганическая химия и химия координационных соединений**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Черемисина О.А.

Рабочая программа дисциплины «Принципы и технология катализа» обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа протокол от «18» апреля 2023 № 4

Заведующий кафедрой

А.Ю. Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов протокол от «20» апреля 2023 № 7

Председатель

С.Г. Изотова

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г. Изотова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	6
3. Объем дисциплины.....	6
4. Содержание дисциплины.....	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	7
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	8
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	8
4.3.2. Лабораторные занятия.....	9
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	13
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-1</b> Способен планировать научно-исследовательскую работу, выбирать методы решения поставленных задач в области неорганической химии, химии координационных соединений, и в смежных с химией науках</p>	<p><b>ПК-1.11</b> Составление общего плана исследования, выбор экспериментальных методов в области катализа для решения задач в рамках НИР.</p>	<p><b>Знать:</b> этапы и способы проведения экспериментальных исследований в области каталитических технологий  <b>Уметь:</b> разрабатывать план экспериментальных исследований, подбирать методики необходимые для проведения работ, теоретически обосновывать необходимость проведения экспериментов, проводить запланированные работы в полном объеме  <b>Владеть:</b> Составляет общий план исследования и детальные планы его отдельных стадий, на основе сопоставления показателей эффективности функционирования катализаторов и спектра физико-химических свойств катализаторов.</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен проводить поиск научной информации в области неорганической химии и химии координационных соединений и/или смежных наук</p>	<p><b>ПК-2.3</b> Систематизация информации, полученной в ходе НИР, анализ ее и сопоставление с литературными данными</p>	<p><b>Знать:</b> Основные специализированные информационные поисковые системы в интернет-пространстве и алгоритм проведения поиска  <b>Уметь:</b> осуществлять поиск, анализ и проводить систематизацию научно-технической и патентной информации по теме катализа, выбор методик и средств для решения задач НИР.  <b>Владеть:</b> навыками отбора и систематизации научно-технической информации по различным поисковым системам и базам данных, выбора методик и средств решения конкретных задач в области катализа.</p>

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.09), и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Кристаллография», «Углублённый курс неорганической химии», «Методы исследования комплексных соединений», «Фундаментальные основы неорганического синтеза: теория и практика», «Химия координационных соединений». Полученные в процессе изучения дисциплины «Принципы и технология катализа», знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении всех видов практик, в научно-исследовательской работе магистранта, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/академических часов)	<b>3/108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>72</b>
занятия лекционного типа	22
занятия семинарского типа, в т.ч.:	44
семинары, практические занятия (в т.ч. на практическую подготовку)	22 (2)
лабораторные работы (в т.ч. на практическую подготовку)	22 (2)
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	6
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (К/р, реферат, РГР, эссе)	–
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>зачет</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Гомогенный катализ	2	2	-	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3
2	Адсорбция и катализ	2	2	-	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3
3	Основы приготовления катализаторов методами нанесения и механического смешения	5	5	11	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3
4	Методы исследования свойств носителей и катализаторов	6	6	11	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3
5	Аппаратное и методическое обеспечение технологии катализаторов	2	2	-	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3
6	Методы поддержания оптимальных режимов протекания гетерогенно-каталитического процесса	5	5	-	6	ПК-1 ПК-2	ПК-1.11 ПК-2.3

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Гомогенный катализ</u> Система газ – газ. Система жидкость – жидкость, ее отличие от других видов катализа, промежуточные соединения в жидкофазных реакциях; кинетика жидкофазных реакций	2	ЛВ
2	<u>Адсорбция и катализ</u> Виды адсорбции. Вывод уравнения изотермы Ленгмюра для одно- и многокомпонентной смеси. Вывод уравнения Ленгмюра для неоднородной поверхности. Особенности работы с неоднородной поверхностью. Взаимодействие адсорбированных частиц друг с другом и атомов на поверхности. Вывод соответствующих уравнений. Поверхностные соединения в гетерогенном катализе. Влияние среды на катализатор. Теория	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	отравления контактных масс. Якорный и компенсационный эффекты.		
3	<u>Физико-химические основы приготовления катализаторов методами нанесения и механического смешения</u> Механизмы закрепления предшественников активного компонента на поверхности носителей. Современные тенденции в развитии методов нанесения. Метод «deposition–precipitation», одностадийный золь-гель метод, метод совместного гелеобразования. Факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения	5	ЛВ
4	<u>Методы исследования свойств носителей и катализаторов</u> Определение пористой структуры методом физической сорбции газа. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Методы атомной спектроскопии. Методы молекулярной спектроскопии. Термические методы.	6	ЛВ
5	<u>Аппаратное и методическое обеспечение технологии катализаторов</u> Реакторы для жидкофазных процессов. Аппараты для сгущения и разделения суспензий. Оборудование для сушки и термообработки. Механическая обработка материалов.	2	ЛВ
6	<u>Методы исследования свойств носителей и катализаторов</u> Влияние технологических факторов на процесс. Способы интенсификации гетерогенно-каталитического процесса. Области протекания гетерогенного химического процесса.	5	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Моделирование процесса каталитической димеризации акролеина	2	1	Компьютерная симуляция
2	Моделирование процессов окисления на различных катализаторах	1	1	Компьютерная симуляция
2	Моделирование процесса конверсии	1		Компьютерная

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
	углеводородов на различных катализаторах			симуляция
3	Нанесённые пропиточные катализаторы. Задачи по расчёту состава и свойств активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации.	2	-	Компьютерная симуляция
3	Получение катализаторов методом механического смешения. Особенности формирования фазового состава катализаторов при механохимической активации	3	-	Компьютерная симуляция
4	Изотермы сорбции азота как инструмент исследования текстурных параметров пористых тел	3	-	Компьютерная симуляция
4	Использование результатов рентгеноструктурного анализа для решения проблем в технологии носителей и катализаторов	3	-	Компьютерная симуляция
5	Расчет механической прочности материала	2	-	Компьютерная симуляция
6	Разработка технологической схемы производства продукта	5	-	Компьютерная симуляция

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
3	Контролируемые показатели качества продукции технологической схемы производства носителей, катализаторов	6	1	
4	Определение адсорбционной активности высокодисперсных пористых тел в статических и динамических условиях	4	1	
4	Исследование поверхности твердых тел методом ИК-Фурье спектроскопии	3	-	
4	Рентгенофлуоресцентный анализ в катализе	3	-	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
4	Качественный и количественный рентгенофазовый анализ образца	3	-	
4	Исследование твердых веществ методом синхронного термического анализа	3	-	

#### 4.4. Самостоятельная работа.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Гомогенный катализ в газах	6	Устный или письменный опрос
2	Адсорбция из смеси газов	6	Устный или письменный опрос
3	Новые нетрадиционные методы приготовления нанесенных катализаторов	6	Устный или письменный опрос
4	Корреляция каталитических свойств с кислотно-основными свойствами поверхности пористых тел	6	Устный или письменный опрос
5	Общая характеристика катализаторных производств. Основные требования к оборудованию	6	Устный или письменный опрос
6	Внутридиффузионная кинетика в пористом теле. Использование внутренней поверхности катализатора	6	Устный или письменный опрос

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте:

<http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета (4 семестр)

При сдаче зачета обучающийся получает два вопроса из перечня вопросов (время подготовки к устному ответу – 45 минут).

Пример варианта вопросов на зачете:

1. Теория Лэнгмюра – Хиншельвуда.
2. Измерение текстурных характеристик носителей и катализаторов методом адсорбции азота.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачет».

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

- 1 Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков; Российская академия наук. Сибирское отделение. Институт катализа имени Г.К. Борескова. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011. – 262 с. – ISBN 978-5-7692-1185-0
- 2 Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; перевод с англ. В.И. Ролдугина. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 501 с. – ISBN 978-5-91559-044-0
- 3 Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9
- 4 Крылов, О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов по специальностям «Химическая кинетика и катализ», «Химия» / О.В. Крылов. – Москва: Академкнига, 2004. – 679 с. – ISBN 5-94628-141-0
- 5 Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с.
- 6 Аналитическая химия: в 3 томах: учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / под редакцией А.А. Ищенко. – Москва: Физматлит, 2020. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-9221-1848-4. – Т. 2: Инструментальные методы анализа, Ч. 1 / Н.В. Алов, И.А. Василенко, М.А. Гольдштрах [и др.]. – 2020. – 472 с. – ISBN 978-5-9221-1866-8
- 7 Абызов, А.М. Измерение удельной поверхности дисперсных материалов методом низкотемпературной адсорбции газа: практикум / А.М. Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 37 с.
- 8 Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: практикум / Н.В. Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 28 с.
- 9 Павлова, Е.А. Рентгенофазовый анализ: учебное пособие / Е.А. Павлова, О.В. Карпинская, Л.И. Михайлова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра технологии стекла и общей технологии силикатов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 62 с.
- 10 Метод дериватографического анализа: методические указания / Л.А. Лоскутова, А.С. Козлов, В.А. Холоднов, Т.П. Кофман; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический

- институт (технический университет). Кафедра химии и технологии органических соединений азота. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2002. – 33 с.
- 11 Павлова, Е.А. Определение размера наночастиц по области когерентного рассеяния методом рентгеновской дифракции: методические указания к лабораторной работе / Е.А. Павлова, С.Г. Изотова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 31 с.
- 12 Мальцева, Н.В. Определение механической прочности наноструктурированных пористых тел: катализаторов, носителей и сорбентов: методические указания к лабораторным работам / Н.В. Мальцева, Ю.В. Александрова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 58 с.

**б) электронные учебные издания:**

- 1 Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 2 Аветисов, А.К. Прикладной катализ: Учебник для программ высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки «Химия» и специальности «Фундаментальная и прикладная химия»: учебное пособие для вузов по направлению подготовки «Химическая технология» / А.К. Аветисов, Л.Г. Брук; под редакцией О.Н. Темкина. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) – ISBN 978-5-8114-3854-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 3 Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
- 4 Спектральные методы анализа. Практическое руководство: учебное пособие для вузов по специальности ВПО «Фундаментальная и прикладная химия» / В.И. Васильева, О.Ф. Стоянова, И.В. Шкутина [и др.]; под редакцией В.Ф. Селеменова и В.Н. Семенова. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 413 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1638-7 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 5 Абызов, А.М. Измерение удельной поверхности дисперсных материалов методом низкотемпературной адсорбции газа: практикум / А.М. Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 37 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru>

- (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
- 6 Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: практикум / Н.В. Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 28 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
- 7 Павлова, Е.А. Определение размера наночастиц по области когерентного рассеяния методом рентгеновской дифракции : методические указания к лабораторной работе / Е.А. Павлова, С.Г. Истова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 30 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>;  
Электронно-библиотечные системы:  
– «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
– ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Принципы и технология катализа» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040–02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048–2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 018–2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020–2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению

СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов являются:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Пакеты прикладных программ стандартного набора (LibreOffice, MathCAD).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

- справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;
- база данных Reaxys <https://www.reaxys.com>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры и аудиторий № 205, 209, 210 соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через сервер, подключенный к сети института.

Реализация программы учебной дисциплины предполагает наличие учебной лаборатории, оснащенной следующим лабораторным оборудованием:

- спектрофотометр СФ-26;
- торсионные весы PRLT T3;
- прибор измерения механической прочности МП-2С;
- хроматографы ЦВЕТ-100, ЦВЕТ-500, ЦВЕТ-800 и 3700;
- вакуумный насос VP18R;
- вискозиметр Reotest-2;
- рН-метры рН-150МИ;
- редукторы газовые;
- анализатор влажности порошковых материалов МОС-120Н;
- влагомеры Байкал-3 и Волна-2;
- рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М;
- дериватограф Q-1500 D;
- дифференциальный термогравиметрический анализатор Shimadzu DTG-60H;
- газовый хроматограф GC 2010 Plus;
- энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры EDX-7000 и EDX-8000;
- ИК-Фурье спектрометр IRTracer-100;
- рентгеновский дифрактометр XRD-6100;
- Autosorb 6iSA;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц SALD-2300;
- газовый хроматомасс-спектрометр GCMS-QP2010 Ultra;

Оборудование Инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ):

- сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп Shimadzu SPM-9700;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Shimadzu SALD-7500;
- термомеханический анализатор изменения линейных размеров образца Shimadzu TMA-60;
- трибометр Anton Paar ТНТ;
- реометр Anton Paar Physica MCR 302;
- ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IRTracer-100;
- дифференциальный сканирующий калориметр Shimadzu DSC-60 Plus;
- дериватограф Shimadzu DTG-60;

- универсальная испытательная машина Shimadzu AG-XD plus, 20kN-50kN;
- спектрофотометр Shimadzu UV-1800;
- многофункциональная лабораторная машина для перемешивания MagicLab-XP;
- спектрометр ЯМР Bruker AVANCE III HD 400 NanoBay;
- растровый электронный микроскоп TescanVega 3 SBH;
- рентгеновский дифрактометр RigakuSmartLab 3;
- прибор для проведения измерений температур- и теплопроводности Netzsch LFA 457 MicroFlash;
- прибор синхронного термического анализа Netzsch STA 449 F3 Jupiter.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Принципы и технология катализа»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-1</b>	<b>Способен планировать научно-исследовательскую работу, выбирать методы решения поставленных задач в области неорганической химии, химии координационных соединений, и в смежных с химией науках</b>	промежуточный
<b>ПК-2</b>	<b>Способен проводить поиск научной информации в области неорганической химии и химии координационных соединений и/или смежных наук</b>	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачтено» (пороговый)
<b>ПК-1.11</b> Составление общего плана исследования, выбор экспериментальных методов в области катализа для решения задач в рамках НИР.	<b>Знает</b> этапы и способы проведения экспериментальных исследований в области каталитических технологий	Вопросы к зачету № 1-14	Перечисляет этапы и способы проведения экспериментальных исследований в области каталитических технологий
	<b>Умеет</b> разрабатывать план экспериментальных исследований, подбирать методики необходимые для проведения работ, теоретически обосновывать необходимость проведения экспериментов, проводить запланированные работы в полном объеме	Вопросы к зачету № 1-14	С консультацией преподавателя умеет разрабатывать план экспериментальных исследований, подбирать методики необходимые для проведения работ, теоретически обосновывать необходимость проведения экспериментов, проводить запланированные работы в полном объеме
	<b>Владеет</b> навыками составления общего плана исследования и детальных планов его отдельных стадий, на основе сопоставления	Вопросы к зачету № 1-14	С консультацией преподавателя составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий на основе сопоставления показателей эффективности функционирования катализаторов и спектра физико-химических свойств катализаторов

	показателей эффективности функционирования катализаторов и спектра физико-химических свойств катализаторов		
<b>ПК-2.3</b> Систематизация информации, полученной в ходе НИР, анализ ее и сопоставление с литературными данными	<b>Знает</b> основные специализированные информационные поисковые системы в интернет-пространстве и алгоритм проведения поиска	Вопросы к зачету № 15-32	Перечисляет основные специализированные информационные поисковые системы в интернет-пространстве и алгоритм проведения поиска
	<b>Умеет</b> осуществлять поиск, анализ и проводить систематизацию научно-технической и патентной информации по теме катализа, выбор методик и средств для решения задач НИР	Вопросы к зачету № 15-32	С консультацией преподавателя умеет осуществлять поиск, анализ и проводить систематизацию научно-технической и патентной информации по теме катализа, выбор методик и средств для решения задач НИР
	<b>Владеет</b> навыками отбора и систематизации научно-технической информации по различным поисковым системам и базам данных, выбора методик и средств решения конкретных задач в области катализа	Вопросы к зачету № 15-32	С консультацией преподавателя осуществляет отбор и систематизацию научно-технической информации по различным поисковым системам и базам данных, выбора методик и средств решения конкретных задач в области катализа

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета , шкала оценивания – «зачтено» (если достигнут «пороговый» уровень освоения всех элементов компетенции), «не зачтено».

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Типовые контрольные вопросы к экзамену**

##### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:**

- 1 Кинетика кислотно-основного жидкофазного катализа
- 2 Промежуточные соединения в жидкофазном катализе
- 3 Солевые эффекты: первичный и вторичный
- 4 Теория жидкофазного катализа
- 5 Принципы классификации катализаторов
- 6 Физическая, химическая, активированная адсорбция. Их различия.
- 7 Энергетический путь адсорбции.
- 8 Адсорбция на однородной поверхности. Вывод уравнения Лэнгмюра.
- 9 Адсорбция из смеси газов. Ее особенности.
- 10 Промежуточные соединения в гетерогенном катализе.
- 11 Текстуальные свойства носителей и массивных катализаторов, их зависимость от условий приготовления.
- 12 Представления об оптимальной пористой структуре катализатора. Способы регулирования текстурных свойств и химического состояния поверхности.
- 13 Общие представления о процессах, протекающих при формировании нанесённых катализаторов. Пропиточные и сорбционные катализаторы. Уравнение материального баланса пропитки.
- 14 Получение многокомпонентных катализаторов методом механического смешения. Способы интенсификации процесса смешения

##### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

- 15 Влияние среды на катализатор.
- 16 Идентификация различных областей протекания реакции.
- 17 Критерии внешнедиффузионной области протекания процесса.
- 18 Основные закономерности протекания реакции во внешнедиффузионной области.
- 19 Критерии внутريدиффузионной области.
- 20 Внутريدиффузионная область протекания процесса. Распределение концентрации внутри гранулы.
- 21 Внутريدиффузионная область протекания процесса. Степень использования поверхности.
- 22 Внутريدиффузионная область протекания процесса. Зависимость скорости от различных факторов (активность, количество катализатора, пористая структура, размер гранул).
- 23 Основные закономерности протекания реакции в кинетической области.
- 24 Какие методы исследования пористых сред и определения удельной поверхности Вы можете назвать?
- 25 Перечислите особенности физической адсорбции.
- 26 Нарисуйте характерный вид изотерм адсорбции и десорбции.
- 27 Измерение текстурных характеристик носителей и катализаторов методом сорбции азота.
- 28 Оптические методы исследования веществ. Классификация оптических методов. Применение ИК-спектроскопии.
- 29 Физические основы метода. Задачи, решаемые с помощью ИК-спектроскопии.
- 30 Интерпретация результатов, полученных методом ИК-спектроскопии.
- 31 Какое физическое явление положено в основу рентгенофазового анализа?
- 32 Какие сведения об объекте исследования необходимы для выполнения рентгенофазового анализа?

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.  
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.