

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**




**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**


**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОГЛАСОВАНО**

  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор О.В. Черемисина

**УТВЕРЖДАЮ**

  
Декан факультета переработки  
минерального сырья,  
доцент П.А. Петров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ**

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Направление подготовки:** 04.06.01 Химические науки

**Направленность (профиль):** Физическая химия

**Форма обучения:** очная

**Нормативный срок обучения:** 4 года

**Составитель:** д.т.н. Литвинова Т.Е.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Химическая кинетика и катализ»** составлена:  
– в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.06.01 химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России № 869 от 30 июля 2014 г.;

– на основании учебного плана подготовки по направлению 04.06.01 «Химические науки», направленности (профиля) «Физическая химия».

Составитель:



д.т.н., проф.

Литвинова Т.Е.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Физической химии»** от «31» августа 2021 г., протокол № 1.

**Рабочая программа согласована:**

Декан факультета аспирантуры и докторантуры



к.т.н.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой ФХ

д.т.н., проф.

О.В. Черемисина

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа дисциплины химическая кинетика и катализ рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры физической химии*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	«31» августа 2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	1	«31» августа 2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2020

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель изучения дисциплины

- формирование у аспирантов знаний в области современных тенденций в области химической кинетики и катализа, их применения для целей обеспечения учебного процесса и научной коммуникации;

- подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с изучением механизма и путей управления скоростью процессов и выхода продукта при организации синтеза новых веществ, технологических процессов, при решении научных задач междисциплинарного характера.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

- *изучение* современных методов установления механизма и кинетических закономерностей протекания химических реакций;

- *освоение* методов расчета и экспериментального исследования механизма и кинетики химических реакций;

- формирование представлений и практического опыта о кинетике процессов, необходимых для составления материальных и тепловых балансов технологических процессов, предсказания выхода химических реакций;

- приобретение *навыков* практического применения расчетов и экспериментального исследования кинетических параметров процессов, определения оптимальных условий проведения химических реакций.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химическая кинетика и катализ» относится к *вариативной* части, дисциплины по выбору, Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», направленности (профилю) «Физическая химия». Дисциплину изучают в **3 и 4** семестрах.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Планируемые результаты обучения дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Основные показатели освоения дисциплины	Этапы формирования компетенции
1.	ПК-1	Способность к получению и практическому применению результатов фундаментальных исследований в области физико-химических свойств веществ и процессов	<b>Выпускник знает</b> способы и методы выполнения фундаментальных исследований в области кинетики и катализа химических реакций <b>Умеет</b> выявлять пути, способы, направления использования результатов фундаментальных исследований для решения практических задач <b>Владеет навыком</b> практического использования результатов фундаментальных исследований в области кинетики и катализа химических	В соответствии с учебным планом

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Основные показатели освоения дисциплины	Этапы формирования компетенции
			реакций	
2.	ПК-2	Способность использовать теоретические и методологические основы экспериментального определения и расчёта физико-химических характеристик процессов, протекающих в растворах (истинных или коллоидных)	<p><b>Выпускник знает</b> теорию и методологию определения кинетических характеристик процессов, протекающих с участием растворов</p> <p><b>Умеет</b> применять теоретические знания для определения кинетических характеристик процессов, протекающих с участием растворов</p> <p><b>Владеет навыком</b> установления кинетических параметров процессов, протекающих с участием растворов</p>	В соответствии с учебным планом
3.	ПК-3	Способность получать, интерпретировать и применять известные и вновь открытые сведения о закономерностях физико-химических процессов, применяемых химических технологиях и смежных отраслях	<p><b>Выпускник знает</b> современные способы методы и подходы определения параметров физико-химических процессов, установления механизма и лимитирующей стадии процесса; известные и вновь открытые сведения о кинетических закономерностях физико-химических процессов, применяемых химических технологиях и смежных отраслях</p> <p><b>Умеет</b> организовать выполнение теоретических и экспериментальных исследований для установления механизма реакции и параметров кинетического уравнения для получения новых сведений о кинетических закономерностях физико-химических процессов, применяемых химических технологиях и смежных отраслях</p> <p><b>Владеет навыками</b> применения результатов исследования кинетических и термодинамических параметров процесса для выявления оптимальной области условий проведения отдельной химической реакции или технологического процесса в целом, используя известные и вновь открытые сведения о кинетических</p>	В соответствии с учебным планом

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Основные показатели освоения дисциплины	Этапы формирования компетенции
			закономерностях физико-химических процессов, применяемых химических технологиях и смежных отраслях	
4.	ПК-4	Способность и готовность выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя (руководителя проекта)	<p><b>Выпускник знает</b> приоритетные направления развития фундаментальных исследований кинетики и механизмов химических реакций и технологий каталитических процессов</p> <p><b>Умеет</b> использовать известные и вновь получаемые научные сведения в области фундаментальных исследований кинетики и механизмов химических реакций и технологий каталитических процессов</p> <p><b>Владеет навыком</b> постановки и решения задач моделирования и масштабирования технологических процессов с учетом данных фундаментальных исследований кинетики и механизмов химических реакций и каталитических процессов</p>	

### 3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

Обучающийся должен демонстрировать способность и готовность

– *в научно-исследовательской деятельности в области химии и смежных наук*

критически анализировать и оценивать современные технические и научные достижения, в том числе в междисциплинарных областях; соблюдать правила международного научного общения и сотрудничества, принципы академической этики и личной ответственности ученого;

– *в преподавательской деятельности в области химии и смежных наук*

проводить основные виды учебных занятий в рамках своей специальности; соблюдать правила и нормы педагогической этики и личной ответственности преподавателя; планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в педагогическом, общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина включает в себя 5 разделов, содержание которых направлено на получение знаний в области химической кинетики и катализа.

Общая трудоемкость дисциплины «Химическая кинетика и катализ» составляет 5 зачетных единиц или 180 академических часов. Дисциплину изучают в 3 и 4 семестрах по очной форме обучения. Форма контроля – дифференцированный зачет.

##### 4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		3	4
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Лекции	8	4	4
Практические занятия (семинары)	16	8	8
<b>Самостоятельная работа аспирантов (СР), в том числе</b>	<b>156</b>	<b>64</b>	<b>92</b>
Подготовка к практическим занятиям (семинарам)	24	12	12
Тематическая работа с научной литературой	72	32	40
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	60	20	40
<b>Вид аттестации – дифференцированный зачет</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
<b>ак. час.</b>	<b>180</b>	<b>76</b>	<b>104</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

В план подготовки входят лекции, практические занятия (семинары) и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные работы	Самостоятельная работа аспиранта
1.	Использование химической кинетики для описания и оптимизации химических реакций	34	1	3	–	30
2.	Уравнения формальной кинетики простых реакций	37	2	3	–	32
3.	Описание сложных гомогенных процессов	37	2	3	–	32
4.	Кинетика гетерогенных систем; электрохимические реакции	36	2	3	–	31
5.	Кинетика каталитических реакций	36	1	4	–	31

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные работы	Самостоятельная работа аспиранта
<b>ИТОГО:</b>		<b>180</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	–	<b>156</b>

#### 4.2.2. Лекционные занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Использование химической кинетики для описания и оптимизации химических реакций	Применение кинетического подхода к описанию гомогенных и гетерогенных процессов на поверхности жидкость-жидкость и/или жидкость-твердое.	1
2	Уравнения формальной кинетики простых реакций	Порядок реакции и способы его определения. Описание зависимости скорости процесса от температуры. Теоретические основы кинетики и механизма реакций	2
3	Описание сложных гомогенных процессов	Моделирование обратимых, многостадийных последовательных реакций. Моделирование разветвленных реакций, способы увеличения селективности реакции. Цепные реакции	2
4	Кинетика гетерогенных систем; электрохимические реакции	Законы и закономерности диффузии. Математические модели гетерогенных реакций. Кинетика процессов электролиза	2
5	Кинетика каталитических реакций	Закон действующих поверхностей. Гетерогенный катализ. Теоретические представления о гетерогенном катализе.	1
<b>ИТОГО:</b>			<b>8</b>

#### 4.2.3. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Экспериментальное определение кинетических параметров	3
2	Раздел 2.	Подходы к математическому моделированию механизма реакций	3
3	Раздел 3.	Методы моделирование сложных химических реакций	3



№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость в ак. часах
4	Раздел 4.	Теоретические представления о видах и моделировании диффузионных процессов. Законы и закономерности массопереноса	3
5	Раздел 5.	Применение каталитических реакций в нефтегазопереработке	4
<b>ИТОГО</b>			<b>16</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Тематика для самостоятельной подготовки

№ п/п	Раздел	Тематика самостоятельной работы
1	Раздел 1.	Современные подходы к изучению кинетики физико-химических процессов
2	Раздел 2.	Методы экспериментального определения механизма и порядка реакций. Аппаратурное оснащение.
3	Раздел 3.	Применение теоретических представлений о кинетических закономерностях для моделирования технологических процессов
4	Раздел 4.	Современные методы изучения диффузионных процессов. Способы управления диффузией
5	Раздел 5.	Современные методики разработки новых каталитических систем

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины «Химическая кинетика и катализ» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

В ходе обучения применяются:

**Лекции** являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия (семинары).** Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Целью практических занятий (семинаров) является

-развить навыки самостоятельной работы и применения теоретических знаний для решения практических задач;

-приобрести навыки обработки различных видов информации в том числе с использованием компьютерной техники;

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

- обеспечить живое, творческое обсуждение учебного материала в форме дискуссии, обмена мнениями по рассматриваемым вопросам.

**Консультации** являются одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Цель и основные задачи текущего контроля**

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по темам дисциплины (устный ответ).

### **6.2. Цель и основные задачи дифференцированного зачёта**

Дифференцированный зачет имеет целью проверить знание и понимание обучающимися материала дисциплины.

### **6.3. Критерии формирования оценок по результатам дифференцированного зачета**

Оценка «отлично» – обучающийся имеет глубокие знания учебного материала, все элементы курса представлены на высоком учебно-методическом уровне.

Оценка «хорошо» – обучающийся твердо освоил учебный материал, представлены все элементы курса.

Оценка «удовлетворительно» – обучающийся имеет знания основного учебного материала, но не усвоил его деталей, не представлены некоторые элементы курса.

Оценка «неудовлетворительно» – обучающийся не освоил учебный материал, не представлены основные элементы курса.

### **6.4. Порядок проведения дифференцированного зачета**

Дифференцированный зачет проводится путем устного собеседования с обучающимся по материалам дисциплины с выставлением оценок.

## **6.5. Типовые контрольные вопросы/задания для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

1. Приведите кинетическое уравнение закона действующих масс, поясните значение понятий «молекулярность реакции», «порядок реакции»; опишите способы определения порядка реакции.

2. Приведите вывод кинетического уравнения односторонней реакции первого порядка.

3. Приведите вывод кинетического уравнения односторонней реакции второго порядка для веществ с одинаковой концентрацией и разных реагентов и разной концентрацией.

4. Приведите вывод кинетического уравнения обратимой реакции первого порядка, поясните ход зависимости концентрации реагента и выхода продукта обратимого процесса от времени для реактора идеального вытеснения.

5. Приведите вывод кинетического уравнения параллельной реакции первого порядка, поясните ход зависимости концентрации реагента и выхода продукта обратимого процесса от времени для реактора идеального вытеснения.

6. Приведите вывод кинетического уравнения параллельной реакции первого порядка, поясните ход зависимостей концентрации реагента и выхода продукта при разных соотношениях скоростей стадий последовательного процесса.

7. Опишите основные кинетические уравнения цепного процесса с позиции вероятностной теории.

8. Приведите основные положения теории активных столкновений.

9. Приведите основные положения теории активированного комплекса.

10. Покажите связь кинетики процесса и термодинамических параметров активированного комплекса.

11. Приведите моделирование кинетики процесса с позиции расчета скоростей элементарных реакций.

12. Приведите основные положения моделирования гетерогенного процесса, лимитируемого процессом диффузии: уравнения Фика, понятие коэффициента диффузии, теория диффузионного слоя Нернста.

13. Перечислите основные принципы каталитического действия, покажите схему слитного и раздельного катализа, поясните, как меняется энергия активации при слитном и раздельном механизме катализа.

14. Выведите кинетическое уравнение каталитического процесса; покажите на примере каталитического уравнения изменение порядка каталитической реакции при изменении количества реагента по отношению к количеству катализатора.

15. Покажите связь между характером разрыва химической связи и выбором типа катализатора; ответ желательно иллюстрировать примерами органического синтеза или процессами глубокой переработки нефти.

16. Приведите уравнения кислотно-основного катализа: общего и специфического.

17. Приведите математическую формулу закона действующих поверхностей, приведите вывод кинетического уравнения гетерогенного процесса, лимитируемого стадией сорбции.

18. Опишите типовые схемы математического моделирования гетерогенно-каталитического процесса во внешнедиффузионной области.

19. Опишите протекание гетерогенного каталитического процесса, протекающего во внутридиффузионной области.

20. Приведите основные положения теории гетерогенного катализа А.А. Баландина.

21. Опишите особенности протекания электрохимических реакций.

22. Опишите природу электрохимического перенапряжения.

23. Приведите положения теории Нернста-Брунера.

24. Приведите положения теории Фольмера и Фрумкина, как теоретической основы уравнения Тафеля.

### 6.6. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета

Развернутый ответ обучающегося должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения и правила в конкретных случаях.

При оценке ответа обучающегося необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности и понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Примерная шкала оценивания знаний по выполнению заданий дифференцированного зачета

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Аспирант не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Аспирант поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Аспирант хорошо знает грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос; все.	Аспирант в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания выполнены	Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)</b>	<b>Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)</b>	<b>Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)</b>
	удовлетворительно		

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, порядке проведения промежуточной аттестации.

Для организации и контроля учебной работы аспирантов используется метод **ежемесячной** аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: **дифференцированный зачет**.

### **7.1. Организация самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа аспирантов (СР) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспирантов, предусмотренному учебным планом по дисциплине в текущем семестре.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию, лабораторной работе и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы и срокам сдачи заданий или прохождения тестирования.

### **7.2. Работа с книгой**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к **дифференцированному зачету**.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

### **7.3. Консультации**

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, аспирантам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

### **8.1. Обеспеченность литературой**

#### **Основная литература**

1. Шлыков С.А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы. Учебное пособие. – Иваново: ИГХТУ. – 2018. – 101 с. : <https://e.lanbook.com/book/127526>.

2. Головнев Н.Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие. Учебное пособие. – Красноярск: СФУ. – 2018. – 148 с. : <https://e.lanbook.com/book/157749>.

3. Черепанов В.А., Аксенова Т.В. Химическая кинетика: учебное пособие. М.: Юрайт. – 2017. – 130 с. : <https://www.biblio-online.ru/viewer/D9C59BEB-24CC-485B-AB69-DDCE7A1515B0#page/2>

4. Романовский Б.В. Основы катализа. М.: Наука. – 2014. – 562 с. : <http://nashol.com/2017031593557/osnovi-kataliza-romanovskii-b-v-2014.html>

#### **Дополнительная литература**

1. Шлыков С.А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы. Учебное пособие. Иваново: ИГХТУ. – 2018. – 101 с. : <https://e.lanbook.com/book/127526>.

2. Головнев Н.Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие. Учебное пособие. Красноярск: СФУ. – 2018. – 148 с. : <https://e.lanbook.com/book/157749>

3. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. М.: «Академкнига». – 2004. – 679 с. : [http://www.studmed.ru/krylov-ov-geterogennyy-kataliz\\_4043e5153a2.html](http://www.studmed.ru/krylov-ov-geterogennyy-kataliz_4043e5153a2.html)

4. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: «Академия». – 2003. – 256 с. : [http://www.studmed.ru/bayramov-vm-osnovy-himicheskoy-kinetiki-i-kataliza\\_fd765c7a7e2.html](http://www.studmed.ru/bayramov-vm-osnovy-himicheskoy-kinetiki-i-kataliza_fd765c7a7e2.html)

### **8.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

1. Методические рекомендации для самостоятельной работы по учебной дисциплине «Химическая кинетика и катализ» [http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1541575372.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1541575372.pdf)

2. Учебно-методические материалы при проведения практических занятий по учебной дисциплине «Химическая кинетика и катализ»  
[http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr\\_1541575372.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1541575372.pdf)

### **8.3. Электронно-библиотечные системы**

1. Электронно-библиотечная система «Лань»; <https://e.lanbook.com/books>
2. Электронно-библиотечная система «Znaniium.com»; <http://znaniium.com>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»; <http://biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»; <http://www.bibliocomplectator.ru>
5. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

### **8.4. Информационно-справочные системы**

1. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»; [www.garant.ru](http://www.garant.ru)
2. Справочно-поисковая система Консультант Плюс; [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)

### **8.5. Профессиональные базы данных**

1. Электронная база данных. Термические константы веществ. <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>
2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
4. -Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Специальные помещения для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

Специализированные помещения для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы. 90 посадочных мест; стенды информационные – 12 шт. Мебель: кресло Cannes – 4 шт.; кресло 9335 A2S – 1 шт.; стол Canvaro ASMANN Тип 1 – 14 шт.; стол Canvaro ASMANN Тип 3 – 7 шт.; стол Solos ASSMANN Тип 1 – 2 шт.; стул 7874 A2S Тип 1 – 76 шт.; стул 7874 A2S Оранжевый – 8 шт.; трибуна – 1 шт.; угловой стол ресепшн A2S – 1 шт. Компьютерная техника: беспроводной пульт расширенный Bosch Security DICENTIS DCNM-WDE – 5 шт.; усилитель-распределитель HDMI 1:8 Kramer VM-28H – 1 шт.; камера Logitech ConferenceCam Rally 960-001227 – 2 шт.; беспроводная точка доступа Bosch Security DICENTIS DCNM-WAP – 1 шт.; зарядное устройство Bosch Security DICENTIS DCNM-WCH05 – 1 шт.; усилитель мощности Yamaha PX3 – 1 шт.; компактный линейный массив Yamaha VXL1B-16 – 2 шт.; подавитель обратной связи DBX AFS-224 – 1 шт.; неттоп DELL OptiPlex 3080 Micro (Intel i5-10500T, 8 Гб, 256 Гб SSD, USB KB&Mous – 1 шт.; экстендер USB 3.0 Extron UCS FTR 900 Kit – 1 шт.; монитор DELL P2418HT – 5 шт.; интерактивный дисплей Wacom Cintiq Pro 16 UHD – 1 шт.; микшер YAMAHA MG10XU USB – 1 шт.; интерактивная система для совместной работы с изображением Kramer VIA GO2 – 1 шт.; рэковый шкаф студийный NORDFOLK NRS12U – 1

шт.; профессиональный экран LG LAEC015-GN в комплекте с моторизированной стойкой LG S – 1 шт.; камера Logitech ConferenceCam Rally 960-001227 – 1 шт.; презентер Logitech R400 – 1 шт.

## 9.2. Оснащенность помещений для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 31 посадочное место. Мебель: конференц-кресло 6248/A Pilaza Brunner с соединительным кронш (ткань) – 12 шт.; конференц-стол прямоугольный Тип 2 Ray Table Brunner – 1 шт.; кресло 9335 A2S – 31 шт.; модульная система шкафов Allvia ASSMANN Тип 3 (3,0\*0,44\*1,19) – 2 шт.; стол Solos ASSMANN Тип 1 – 15 шт.; тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN Тип 2 – 15 шт.; угловой стол ресепшн A2S – 1 шт.; шкафчик для раздевалки Экспресс 2 – 5 шт.; шкафчик для раздевалки Экспресс 5 с замками – 5 шт. Компьютерная техника: лазерный принтер A4 Xerox VersaLink B400 – 1 шт.; моноблок Dell OptiPlex 5490 Ai-in-One – 31 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

## 9.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

## 9.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165 Читальный зал	Аппарат Xerox W.Centre 5230 - 1 шт.; сканер K.Filem – 1 шт.; копировальный аппарат – 1 шт.; кресло – 521AF – 1 шт.; монитор ЖК HP22 - 1 шт; монитор ЖК S.17 – 11 шт.; принтер HP L/Jet – 1 шт.;	MARK-SQL, Ирбис



Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
	системный блок HP6000 Pro – 1 шт.; системный блок Ramec S. E4300 – 10 шт.; сканер Epson V350 – 5 шт.; сканер Epson 3490 – 5 шт.; стол 160x80x72 – 1 шт.; стул 525BFH030 – 12 шт.; шкаф каталожный – 20 шт.; стул «Кодоба» - 22 шт.; стол 80x55x72 – 10 шт.	
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171 Читальный зал	Книжный шкаф 1000x3300x400 -17 шт.; стол 400x180 «Титаник “Pico”» - 1 шт.; стол письменный с тумбой – 37 шт.; кресло «Cannes» черное – 42 шт.; кресло (кремовое) – 37 шт.; телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT – 1 шт.; монитор BenQ 24 – 18 шт.; цифровой ИК-трансивер TAIDEN – 1 шт.; пульт для презентаций R700 – 1 шт.; моноблок Lenovo 20 HD - 19 шт.; сканер Xerox 7600 – 4 шт.	
Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы	Компьютерное кресло 7875 A2S – 35 шт.; стол компьютерный – 11 шт.; моноблок Lenovo 20 HD – 16 шт.; доска настенная белая – 1 шт.; монитор ЖК Philips – 1 шт.; монитор HP L1530 15tft – 1 шт.; сканер Epson Perf.3490 Photo – 2 шт.; системный блок HP6000 – 2 шт.; стеллаж открытый – 18 шт.; микрофон Д-880 с 071с.ч. – 2 шт.; книжный шкаф – 15 шт.; парта – 36 шт.; стул – 40 шт.	

### 9.5. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).