

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 29.11.2021 11:40:41  
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  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность программы бакалавриата

**Физическая химия и химия материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой Профессор		доцент Изотова С.Г. профессор Семенов К.Н.

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физической химии  
протокол от «05» февраля 2019 № 6  
Заведующий кафедрой

С.Г.Изотова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г.Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г.Изотова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
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 в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
4.5. Темы индивидуальных заданий.....	9
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	9
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	12

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 бакалавриата 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-3</b> Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий</p>	<p><b>ПК-3.В.18.1</b> Владение системой основных понятий, определений и принципов термодинамики неравновесных процессов</p>	<p><b>Знать</b> основные положения неравновесной термодинамики как термодинамики реальных процессов. <b>Уметь</b> использовать полученные знания для решения конкретных задач в области неравновесной термодинамики. <b>Владеть</b> методами термодинамического описания процессов в прерывных и непрерывных системах, в том числе для решения физико-химических задач.</p>
<p><b>ПК-4</b> Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p>	<p><b>ПК-4.В.18.1</b> Использование возможностей термодинамического описания неравновесных процессов при анализе полученных результатов</p>	<p><b>Знать</b> основы нелинейной термодинамики необратимых процессов, устойчивости неравновесных состояний. <b>Уметь</b> работать с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики. <b>Владеть</b> знаниями о стационарных состояниях, процессах в прерывных и непрерывных системах.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Основы термодинамики неравновесных процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата.

Изучается на четвертом курсе, в восьмом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физическая химия», «Физические-химические методы исследования» и «Основы научных исследований». Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной (научно-исследовательская работа) и преддипломной практик, 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>6/ 216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>90</b>
занятия лекционного типа	40
занятия семинарского типа, в т.ч.	40
семинары, практические занятия	40
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	10
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>90</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Реферат, индивидуальные задания, тестирование
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен/36</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Основные понятия и определения.	4	4	-	15	ПК-3 ПК-4	ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1
2.	<b>Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости</b>	12	12	-	25	ПК-3 ПК-4	ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1
3.	<b>Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика</b>	12	12	-	25	ПК-3 ПК-4	ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1
4.	<b>Тема 3 – Нелинейная термодинамика.</b>	12	12	-	25	ПК-3 ПК-4	ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение. Основные понятия и определения.</b> Базовые понятия термодинамики: экстенсивные и интенсивные характеристики термодинамических систем, первое, второе, третье начала термодинамики для изолированных, закрытых и открытых систем. Энтропия, химическое сродство. Производство энтропии. Основы равновесной термодинамики, термодинамические потенциалы, фазовые переходы, растворы.	4	традиционная лекция, лекция-визуализация
2	<b>Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости</b> Теория устойчивости, бифуркации и спинодали, критические фазы. Устойчивость и флуктуации, основанные на производстве энтропии.	12	традиционная лекция, лекция-визуализация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<b>Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика</b> Неравновесная термодинамика. Баланс энтропии, ее производство. Линейные феноменологические законы, соотношения взаимности Онзагера и принцип симметрии. Неравновесные стационарные состояния и их устойчивость.	12	традиционная лекция, лекция-визуализация, дискуссия
4	<b>Тема 3 – Нелинейная термодинамика.</b> Устойчивость неравновесных состояний. Диссипативные структуры	12	традиционная лекция, лекция-визуализация, дискуссия

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение. Основные понятия и определения.</b>	4	занятие – конференция, круглый стол
2	<b>Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости</b> Расчет диаграмм расслаивания в бинарных конденсированных фазах. Расчет критических параметров в двухкомпонентных системах жидкость-пар. Расчет бинодалей и критических состояний в тройных взаимных системах. Индивидуальное задание – расчет флуктуаций экстенсивных параметров газов от чисел частиц, температуры и давления.	12	Тестирование №1, контрольная работа №1, индивидуальное задание, обсуждение

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	<b>Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика</b> Расчет задачи на одномерную диффузию на основе законов Фика. Расчет энергии активации диффузии. Расчет теплопередачи по уравнению Ла Пласа. Описание электрокинетических процессов (по уравнению Саксена). Подготовка к контрольной работе №2. (Расчет кинетических уравнений системы сложных реакций по методу квазистационарных концентраций).	12	Тестирование №2, контрольная работа №2
4	<b>Тема 3 – Нелинейная термодинамика.</b> Описание реакции Белоусова-Жаботинского в модели Филда-Кереша-Нойеса. Линейный анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций. (Описание структур Тьюринга).	12	Групповая дискуссия. Тестирование №3

#### 4.3.2. Занятия лабораторного типа.

Не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Введение. Основные понятия и определения.</b>	15	Устный опрос
2	<b>Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости</b> Тепловая и механическая устойчивость. Устойчивость критических состояний. Флуктуационная устойчивость. Подготовка к тестированию. Выполнение индивидуального задания. Подготовка к опросу.	25	Устный опрос
3	<b>Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика</b> Термодиффузионные явления. Сопряженный электро- и массоперенос. Связь между электро- и массопереносом. Подготовка к контрольной работе, опросу, тестированию.	25	Устный опрос



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	<b>Тема 3 – Нелинейная термодинамика.</b> Теория горения и взрыва. Автоколебательные процессы. Фотохимические процессы и термодинамика излучения. Подготовка к контрольной работе, опросу.	25	Устный опрос

#### 4.5. Темы индивидуальных заданий

Тема индивидуального задания:

№1 – *Расчет флуктуации экстенсивных параметров газов от чисел частиц, температуры и давления.*

#### 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 экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами для проверки знаний, умений и навыков.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросовна экзамене:

<p>Экзаменационный билет №...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятия механической и химической устойчивости.</li> <li>2. Теорема о линейной зависимости потоков и сил.</li> <li>3. Рассчитайте изменение площади поверхности границы раздела фаз, перенос массы компонентов и передачу тепла для предложенной реакции.</li> </ol>
--

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 «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Николис, Г. Познание сложного: Введение : научное издание / Г. Николис, И. Р. Пригожин; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко. - 3-е изд., доп. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008. - 342 с. : ил. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - ISBN 978-5-382-00399-3
2. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой, Сост. Н. М. Барон и др. - 11-е изд., испр. и доп. - М. : Аз-book, 2009. - 240 с. - ISBN 978-5-905034-03-0
3. Коган, В.А. Физическая химия : Курс лекций / В. А. Коган, В. В. Луков ; Рост.гос. ун-т. - Ростов н/Д : Изд-во Рост.ун-та, 2006. - 253 с. - ISBN 5-7507-0285-5

### **б) электронные учебные издания:**

1. Физическая химия. Теория и задачи : Учебное пособие / Ю. П. Акулова, С. Г. Изотова, О. В. Проскурина, И. А. Черепкова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 228 с. - ISBN 978-5-8114-6952-9 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 03.11.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Афанасьев, Б.Н. Физическая химия : Учебное пособие для вузов по направлениям "Химическая технология", "Биотехнология" и "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 464 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1402-4: // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2021). - Режим доступа: по подписке.

### **в) дополнительная литература:**

1. Пригожин, И. Современная термодинамика: От тепловых двигателей до диссипативных структур / И. Пригожин, Д. Кондепуди; пер. с англ. Ю. А. Данилова, В. В. Белого, под ред. Е. П. Агеева. - М. : Мир, 2002. - 461 с.: ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 5-03-003538-9
2. Агеев, Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах / Е. П. Агеев ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. :Эдиториал УРСС, 2001. - 135 с. - ISBN 5-8360-0396-3

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

Учебный план, РПД, учебно-методические материалы, размещенные на <http://media.technolog.edu.ru>.

Электронно-библиотечные системы:

ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/books/>;

электронный читальный зал – БиблиоТехфундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ): <http://bibl.lti-gti.ru/ЭБС.>, <https://technolog.bibliotech.ru/>.

справочно-информационный портал «Научная электронная библиотека»: <http://elibrary.ru>.

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

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

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 является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, 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 электронной почты.

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

WindowsXPStarterEdition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно),

MicrosoftOffice (MicrosoftExcel): Office 2007 RussianOLPNLAE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), OfficeStd 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия),

программный комплекс Ивтантермо.

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

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет и на сервер образовательной организации, на 33 посадочных места.

## **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 поддисциплине  
«Основы термодинамики неравновесных процессов»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	<b>Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий</b>	промежуточный
<b>ПК-4</b>	<b>Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</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)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.В.18.1</b> Владение системой основных понятий, определений и принципов термодинамики неравновесных процессов	<b>Знать</b> основные положения неравновесной термодинамики как термодинамики реальных процессов.	Ответы на вопросы к экзамену №1-11	Формулирует основные термины, понятия законы термодинамики с ошибками	Формулирует основные термины, понятия и законы термодинамики с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	Правильно формулирует основные термины, понятия и законы термодинамики
	<b>Уметь</b> использовать полученные знания для решения конкретных задач в области неравновесной термодинамики.	Ответы на вопросы к экзамену №1-11	Проводит расчет диаграмм расслаивания в бинарных конденсированных фазах, критических параметров в двухкомпонентных системах жидкость-пар, бинодалей и критических состояний в тройных взаимных системах с ошибками	Проводит расчет диаграмм расслаивания в бинарных конденсированных фазах, критических параметров в двухкомпонентных системах жидкость-пар, бинодалей и критических состояний в тройных взаимных системах с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	Правильно проводит расчет диаграмм расслаивания в бинарных конденсированных фазах, критических параметров в двухкомпонентных системах жидкость-пар, бинодалей и критических состояний в тройных взаимных системах, анализирует полученные результаты

	<b>Владеть</b> методами термодинамического описания процессов в прерывных и непрерывных системах, в том числе для решения физико-химических задач.	Ответы на вопросы к экзамену №10, 16, 17, 18, 21-24	Демонстрирует навыки решения задач на одномерную диффузию на основе законов Фика, проведения расчета энергии активации диффузии, теплопередачи по уравнению Ла Пласа, описания электрокинетических процессов (по уравнению Саксена) с ошибками	Демонстрирует навыки решения задач на одномерную диффузию на основе законов Фика, проведения расчета энергии активации диффузии, теплопередачи по уравнению Ла Пласа, описания электрокинетических процессов (по уравнению Саксена) с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	Демонстрирует навыки решения задач на одномерную диффузию на основе законов Фика, проведения расчета энергии активации диффузии, теплопередачи по уравнению Ла Пласа, описания электрокинетических процессов (по уравнению Саксена), анализирует полученные результаты
<b>ПК-4.В.18.1</b> Использование возможностей термодинамического описания неравновесных процессов при анализе полученных результатов	<b>Знать</b> основы нелинейной термодинамики необратимых процессов, устойчивости неравновесных состояний.	Ответы на вопросы к экзамену №17-24	Описывает реакцию Белоусова-Жаботинского в модели Филда-Кереша-Нойеса с ошибками	Описывает реакцию Белоусова-Жаботинского в модели Филда-Кереша-Нойеса с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	Правильно описывает реакцию Белоусова-Жаботинского в модели Филда-Кереша-Нойеса, анализирует полученные результаты
	<b>Уметь</b> работать с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики.	Ответы на вопросы к экзамену №17-24	Демонстрирует работу с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики на примере расчета баланса энтропии с ошибками	Демонстрирует работу с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики на примере расчета баланса энтропии с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	Правильно демонстрирует работу с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики на примере расчета баланса энтропии, анализирует полученные результаты
	<b>Владеть</b>	Ответы на	Выполняет линейный	Выполняет линейный	Правильно выполняет

знаниями о стационарных состояниях, процессах в прерывных и непрерывных системах.	вопросы к экзамену №17-24	анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций с ошибками	анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций с незначительными ошибками, с помощью преподавателя	линейный анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций, приводит примеры
---	---------------------------	---	--	---

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).



### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

#### Основные понятия и определения

1. Первое начало термодинамики.
2. Второе начало термодинамики. Энтропия.
3. Статистический смысл энтропии.
4. Химическое сродство.
5. Вечный двигатель 1-го и 2-го рода.
6. Третье начало термодинамики. Тепловая теорема Нернста.
7. Производство энтропии.
8. Фазовые переходы 1-го рода.
9. Фазовые переходы 2-го рода.
10. Коллигативные свойства растворов.

#### Флуктуации и теория устойчивости.

11. Теория устойчивости.
12. Критерии устойчивости относительно конечных изменений состояния.
13. Критерии устойчивости относительно непрерывных изменений состояния.
14. Бинодали и спиннодали.
15. Критические фазы, уравнения критических фаз. Критерии устойчивости критических фаз.
16. Устойчивость и флуктуации, основанные на производстве энтропии.

#### Линейная неравновесная термодинамика. Нелинейная термодинамика.

17. Неравновесная термодинамика.
18. Баланс энтропии, ее производство.
19. Линейные феноменологические законы неравновесной термодинамики.
20. Соотношение Онзагера и принцип симметрии.
21. Неравновесные стационарные состояния и их устойчивость.
22. Устойчивость неравновесных состояний.
23. Диссипативные структуры.
24. Горение и взрыв.

### 4. Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенциям ПК-3 (ПК-3.В.18.1 Владение системой основных понятий, определений и принципов термодинамики неравновесных процессов) и ПК-4 (ПК-4.В.14.1 Способность использования законов и закономерностей физической химии для анализа экспериментальных данных):

#### Тема 1:

1. Сформулируйте понятие тепловой устойчивости.
2. Сформулируйте понятие механической и химической устойчивости.
3. Запишите уравнение критических фаз.
4. Запишите критерий устойчивости критических фаз.

#### Тема 2:

5. Сформулируйте теорему о минимуме производства энтропии.
6. Сформулируйте теорему о линейной зависимости потоков и сил.

#### Тема 3:

7. Дайте понятие бифуркации.
8. Что такое структурная неустойчивость?

#### **4. Вопросы для контроля самостоятельного изучения:**

Тема 1:

1. Флуктуации при криогенных температурах.
2. Тепловая смерть вселенной и демоны Максвелла.

Тема 2:

3. Теорема о локальном минимуме энтропии
4. Теорема о линейной зависимости термодинамических потоков и сил.

Тема 3:

5. Бифуркация и нарушение симметрии.
6. Теория катастроф.

#### **5. Примерные варианты контрольных работ:**

Контрольная работа 1:

1. Сформулируйте эргодическую теорему.
2. Дайте пример бинодали.
3. Дайте определение производства энтропии и формулировку 2-го начала термодинамики для изолированных систем.
4. Приведите пример описания автокаталитических процессов.

Контрольная работа 2:

1. Запишите уравнения критических фаз.
2. Что такое структурная неустойчивость.
3. Нелинейная термодинамика в плазменно-дуговом синтезе углеродных наноструктур (фуллеренов).
4. Линейно и нелинейно неравновесные живые системы.

#### **6. Примерные варианты тестов**

Тест 1.

Вариант 1.

1. Бинодали и спинодали.
2. Что такое вечный двигатель 2-го рода?
3. Приведите примеры фазовых переходов 2 рода.
4. Дайте пример уравнения бинодали.
5. Линейные феноменологические законы неравновесной термодинамики.

Сопряженные потоки и силы.

Тест 1.

Вариант 2.

1. Сформулируйте 2-е начало термодинамики.
2. В чем смысл парадокса Максвелла (демон)?
3. Что такое точка Кюри, закон Кюри(Вейса)?
4. Дайте пример уравнения спинодали.
5. Теорема Пригожина о линейной зависимости потоков и сил.

Тест 2.

Вариант 1.

1. Сформулируйте 3-е начало термодинамики.
2. Диссипативные структуры.
3. Что такое флуктуации, от чего они зависят?
4. Дайте определение критических фаз.
5. Сформулируйте соотношение взаимности Онзагера в общем виде.

Тест 2.

Вариант 2.

1. Сформулируйте 1-е начало термодинамики.
2. Сформулируйте эргодическую теорему.
3. Дайте пример уравнения бинодали.
4. Дайте определение производства энтропии и формулировку 2-го начала термодинамики для неизолированных систем.
5. Линейные феноменологические законы неравновесной термодинамики.

Тест 3.

Вариант 1.

1. Бифуркации и нарушение симметрии.
2. Метод квазистационарных концентраций.
3. Расчет бинодалей и критических состояний в тройных взаимных системах..

Тест 3.

Вариант 2.

1. Структуры Тьюринга.
2. Теория катастроф.
3. Нарушение симметрии.

### **7. Примерный вариант индивидуального задания:**

№1 – Расчет флуктуации экстенсивных параметров газов от чисел частиц, температуры и давления.

Тест 1.

Вариант 1.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).