

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 01.11.2023 16:48:04
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
«_27_» ___марта___ 2019 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

2019

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>ПК-3 Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий</p> | <p>ПК-3.В.18.1 Владение системой основных понятий, определений и принципов термодинамики неравновесных процессов</p> | <p>Знать основные положения неравновесной термодинамики как термодинамики реальных процессов. Уметь использовать полученные знания для решения конкретных задач в области неравновесной термодинамики. Владеть методами термодинамического описания процессов в прерывных и непрерывных системах, в том числе для решения физико-химических задач.</p> |
| <p>ПК-4 Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p> | <p>ПК-4.В.18.1 Использование возможностей термодинамического описания неравновесных процессов при анализе полученных результатов</p> | <p>Знать основы нелинейной термодинамики необратимых процессов, устойчивости неравновесных состояний. Уметь работать с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики . Владеть 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 |
|--|--|
| Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов) | 6/ 216 |
| Контактная работа с преподавателем: | 90 |
| 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 | - |
| Самостоятельная работа | 90 |
| Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе) | Реферат, индивидуальные задания, тестирование |
| Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен) | Экзамен/36 |

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. | Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости | 12 | 12 | - | 25 | ПК-3 ПК-4 | ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1 |
| 3. | Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика | 12 | 12 | - | 25 | ПК-3 ПК-4 | ПК-3.В.18.1 ПК-4.В.18.1 |
| 4. | Тема 3 – Нелинейная термодинамика. | 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 | Введение. Основные понятия и определения. 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 | Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости 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 | Иновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---|
| 3 | Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика 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 | Тема 3 – Нелинейная термодинамика. 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 | Иновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|--|
| 1 | Введение. Основные понятия и определения. | 4 | занятие – конференция, круглый стол |
| 2 | Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости 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 | Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика 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 | Тема 3 – Нелинейная термодинамика. 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 | Введение. Основные понятия и определения. | 15 | Устный опрос |
| 2 | Тема 1 – Флуктуация и теория устойчивости Тепловая и механическая устойчивость. Устойчивость критических состояний. Флуктуационная устойчивость. Подготовка к тестированию. Выполнение индивидуального задания. Подготовка к опросу. | 25 | Устный опрос |
| 3 | Тема 2 – Линейная неравновесная термодинамика 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 | Тема 3 – Нелинейная термодинамика. 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 вопросов на экзамене:

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

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. - 1-е изд. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. - 228 с. - ISBN 978-5-8114-6952-9 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 03.11.2018). - 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 – БиблиоТех фундаментальной 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.

Windows XP Starter Edition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно),

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 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 учебные 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
«Основы термодинамики неравновесных процессов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

| Индекс компетенции | Содержание | Этап формирования |
|--------------------|--|-------------------|
| ПК-3 | Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий | промежуточный |
| ПК-4 | Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов | 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) |
| ПК-3.В.18.1 Владение системой основных понятий, определений и принципов термодинамики неравновесных процессов | Знать основные положения неравновесной термодинамики как термодинамики реальных процессов. | Ответы на вопросы к экзамену №1-11 | Формулирует основные термины, понятия и 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 |
| | Уметь 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 |

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
| | Владеть 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 |
| ПК-4.В.18.1 Использование возможностей термодинамического описания неравновесных процессов при анализе полученных результатов | Знать 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 |
| | Уметь 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 | Демонстрирует работу с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики на примере расчета баланса энтропии с | Правильно демонстрирует работу с учебной и научной литературой в области общей и неравновесной термодинамики на примере расчета |

| | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|---|
| | | ошибками | незначительными ошибками, с помощью преподавателя | баланса энтропии, анализирует полученные результаты |
| Владеть знаниями о стационарных состояниях, процессах в прерывных и непрерывных системах. | Ответы на вопросы к экзамену №17-24 | Выполняет линейный анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций с ошибками | Выполняет линейный анализ устойчивости в системах параллельно-последовательных химических реакций с незначительными ошибками, с помощью преподавателя | Правильно выполняет 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»).