

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 09.09.2021 22:45:49  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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



**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки  
**04.06.01 Химические науки**

Направленность образовательной программы  
**Физическая химия**

Квалификация выпускника  
**«Исследователь. Преподаватель-исследователь»**

Форма обучения  
**Очная**

Санкт-Петербург  
2016

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	5
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) .....	7
4.4. Самостоятельная работа .....	8
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 ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение .....	13
10.3. Информационные справочные системы .....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации ...	14

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b>	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общую классификацию термодинамических моделей, исходные предположения (постулаты) их вывода, границы применимости последних.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить модельные расчеты фазовых диаграмм и избыточных термодинамических функций на диаграммах растворимости, плавкости, жидкость-пар.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками определения и расчета параметров термодинамических расчетов, навыками расчета конкретных фазовых диаграмм, диаграмм открытых и закрытых фазовых процессов, навыками расчета избыточных термодинамических функций.</li> </ul>
<b>ПК-6</b>	Готовность использования общих законов физической химии, определяющих строение веществ, направление и кинетику химических превращений в зависимости от внешних условий	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аксиоматику термодинамики и термодинамики гетерогенных систем, основные законы термодинамики;</li> <li>- основные типы диаграмм фазовых равновесий и фазовых процессов, основные уравнения, описывающие фазовые равновесия;</li> <li>- классификацию невариантных равновесий и теорию устойчивости моновариантных равновесий на фазовых диаграммах.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводить критерии устойчивости гетерогенного комплекса в метриках различных потенциалов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решения термодинамических задач общего характера;</li> <li>- навыками решения типовых задач общей теории фазовых равновесий и превращений.</li> </ul>
<b>ПК-7</b>	Способность к самостоятельной практической научно-исследовательской деятельности в области физической химии по теме кандидатской диссертации	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы термодинамики и термодинамики гетерогенных систем;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводить уравнения критических фаз в бинарных и тройных системах;</li> <li>- выводить аналоги уравнений Клаузиуса-Клапейрона, законов Гиббса-Коновалова, правил Гиббса-Розебома, законов Скрейнмакера для изотермо-изобарических диаграмм растворимости;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения основных законов термодинамики и термодинамики гетерогенных систем для установления</li> </ul>

	частных закономерностей; - навыками применения основных законов теории фазовых равновесий и превращений.
--	---

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.ОД.1) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Физическая химия» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе аспиранта и при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>78</b>
занятия лекционного типа	39
занятия семинарского типа, в т.ч. семинары, практические занятия	39
КСР	
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>66</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Реферат (5 сем.)
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	Экзамен (6 сем.)

## 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 (семинары и/или практические занятия)	Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
1.	Дополнительные главы к разделу Химическая термодинамика.	13	13	22	ПК-6 ПК-7
2.	Дополнительные главы к разделу Фазовые равновесия.	13	13	22	ПК-6 ПК-7
3	Термодинамическое моделирование.	13	13	22	ОПК-1

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Дифференциальные и интегральные фундаментальные уравнения фаз с учетом границ раздела фаз и внешних силовых полей.	2	
1	Принцип равновесия Гиббса. Классификация состояний равновесия (стабильные, метастабильные, замороженные, лабильные).	2	Слайд-презентация
1	Критерии устойчивости фаз относительно прерывных и непрерывных изменений состояния. Бинодали и спинодали.	3	Наглядная демонстрация на компьютере возможностей использования баз данных
1	Критические фазы, их свойства и уравнения.	3	Коллективное обсуждение
1	Неполные термодинамические потенциалы, потенциалы Коржинского. Функции Массье-Планка.	3	
2	Правило фаз Гиббса с учетом условий несвободы, искривленных поверхностей границ раздела, внешних силовых полей. Условия равновесия гетерогенных систем с учетом условий несвободы, искривленных поверхностей границ раздела, внешних силовых полей.	3	Коллективное обсуждение
2	Дифференциальные условия сохранения фазового равновесия. Вывод обобщенного дифференциального уравнения смещения равновесия Ван-дер-Ваальса. Вывод дополнительных дифференциальных уравнений условий фазового равновесия. Физический смысл коэффициентов в обобщенном дифференциальном уравнении смещения равновесия Ван-дер-Ваальса.	3	Слайд-презентация
2	Вывод уравнения Клаузиуса-Клапейрона, законов Гиббса-Коновалова, правил Гиббса-Розебома и распространение их на 3-х и более компонентные системы. Вывод законов Скрейнемакерса.	3	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	Классификация типов нонвариантных точек на фазовых диаграммах бинарных, тройных, четверных систем (эвтектики, перитектики, проходные точки, эвтоники, перитоники, точки Вант-Гоффа, точки Ван-Рейна, азеотропы, гетеро-азеотропы).	2	Слайд-презентация
2	Дифференциальные уравнения открытых и закрытых фазовых процессов. Диаграммы открытых и закрытых фазовых процессов их свойства.	2	Коллективное обсуждение
3	Система основных, избыточных термодинамических функций, функций смешения, растворения, разбавления.	3	
3	Классификация термодинамических моделей: идеальные, неидеальные неассоциированные, идеальные ассоциированные, неидеальные ассоциированные модели. Решение самосогласованной задачи.	3	
3	Возможности термодинамического моделирование: установление детального состава фаз, расчет активностей и осмотических коэффициентов компонентов, термодинамических потенциалов, энтропий,	3	Коллективное обсуждение
3	Модели растворов неэлектролитов (Дебая-Хюккеля, Бромли, Питцера...). Модели растворов неэлектролитов (NRTL, Вильсона, Скотчарда...). Модели расплавов (RSM, SRSM, QRSM, EFLCP...). Модели твердых растворов (LDM, SALD, RSM...).	4	Наглядная демонстрация на компьютере возможностей использования баз данных

#### 4.3. Занятия семинарского типа (семинары и/или практические занятия).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	Вывод соотношений взаимности Онзагера в метриках различных потенциалов.	3	
1	Расчет температурно - концентрационных границ диффузионной устойчивости в бинарных и тройных системах.	3	Коллективное обсуждение

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Вывод критериев устойчивости гетерогенного комплекса в метриках различных потенциалов	3	Групповая дискуссия
1	Вывод уравнений критических фаз в бинарных и тройных системах.	4	
2	Вывод аналогов уравнений Клаузиуса-Клапейрона, законов Гиббса-Коновалова, правил Гиббса-Розебома, законов Скрейнемакера для изотермо-изоабрических диаграмм растворимости. Доказательство топологического изоморфизма фазовых диаграмм.	4	Коллективное обсуждение
2	Расчет изменения температур, давления пара растворителя (химических потенциалов компонентов) при движении по моновариантным линиям и бивариантным поверхностям диаграмм фазовых равновесий жидкость-пар, плавкости, растворимости в тройных, тройных взаимных и четверных системах на конкретных примерах.	9	Слайд-презентация
3	Расчет параметров неидеальности моделей RSM, QRSM, Питцера, Вильсона	4	Наглядная демонстрация на компьютере возможностей использования баз данных
3	Модельные расчеты фазовых диаграмм и избыточных термодинамических функций на диаграммах растворимости, плавкости, жидкость-пар	4	
3	Модельные расчеты диаграмм открытого испарения, кристаллизации, насыщения	5	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Термодинамические парадоксы (тепловая смерть вселенной, демон Максвелла, эргодическая теорема и т.п.)	8	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Доказательство тождественности тепловой и статистической энтропии. Теорема Эренфеста.	6	Письменный опрос №1
1	Термодинамические подходы к теории катастроф	8	Устный опрос №1
2	Диаграммы фазовых переходов и открытых фазовых процессов II-го рода (ферро-(и-)магнетик-парамагнетик, сверхпроводник-проводник, сверхтекучее-вязкое состояние и т.п.	10	Устный опрос №2
2	Диаграммы фазовых равновесий в системах с участием плазмы.	6	Устный опрос №2
2	Сопряженные с классическими фазовыми диаграммы состояния: $Eh-pH$ , эволюция фазовых диаграмм в сильных электростатических, магнитных, гравитационных полях.	6	Письменный опрос №2
3	Термодинамическое моделирование массо-, тепло-, электротранспортных свойств систем.	12	Письменный опрос №3
3	Определение детального состава равновесных фаз с химическими реакциями. Методы и программы расчета.	4	Устный опрос №3
3	Методы термодинамического моделирования, применяемые в различных областях знаний.	6	Письменный опрос №3

#### 4.4.1. Темы рефератов.

1. Метрика неполных потенциалов, потенциалы Коржинского, вполне подвижные потенциалы.
2. Топологический изоморфизм фазовых диаграмм.
3. Критерии устойчивости гетерогенного комплекса в метриках потенциала Гиббса и неполных потенциалов Гиббса.
4. Выполнение (аналогов) законов Гиббса-Коновалова при движении по секущим концентрационного треугольника.
5. Выполнение (аналогов) законов Гиббса-Коновалова при движении кривым неполных экстремумов.
6. Выполнение (аналогов) законов Гиббса-Коновалова при движении по кривым открытых фазовых процессов.
7. Критерии термодинамической устойчивости и теория катастроф.

8. Методы термодинамического моделирование в системах с твердыми растворами неизовалентного замещения.
9. Методы термодинамического моделирования плазмы.
10. Методы термодинамического моделирования в системах с водорастворимыми нанокластерами фуллеренов.

#### **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 Медия: <http://media.technolog.edu.ru>

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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются аспиранты, выполнившие все формы текущего контроля.

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

При сдаче экзамена аспирант получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки аспиранта к устному ответу - до 60 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

#### **Вариант № 1**

1. Классификация невариантных точек на диаграммах плавкости бинарных и многокомпонентных систем.
2. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса правила Скрейнмакера для диаграмм фазовых равновесий жидкость-пар тройных систем.
3. Модели растворов электролитов.

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

### **а) основная литература:**

1. Мюллер, У. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер; пер. с англ. А.М.Самойлова, под ред. А.М. Ховива. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 351 с.
2. Корсаков, В. Г. Физическая химия твердого тела / В. Г. Корсаков, М. М. Сычев, С. В. Мякин . - СПб. : Петерб. гос. ун-т путей сообщения, 2008. - 176 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Неорганическое материаловедение : энциклопедическое издание : в 2-х т. / Нац. Акад. Наук Украины. Ин-т проблем материаловедения им. И. Н. Францевича; под ред. Г. Г. Гнесина, В. В. Скорохода. - Киев : Наук. думка, 2008. Т. 1 : Основы науки о материалах. - 2008. - 1151 с.
2. Каллистер, У. Д. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) / У. Д. Каллистер, Д. Дж. Ретвич; пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина. - СПб. : НОТ, 2011. - 895 с.
3. Страумал, Б. Б. Фазовые переходы на границах зерен / Б. Б. Страумал ; РАН. Ин-т физики твердого тела. - М. : Наука, 2003. - 327 с.

### **в) вспомогательная литература:**

1. Фуллерены и атомные кластеры : указатель отечественной и иностранной литературы / ред. Ю. Ф. Бирюлин ; сост. Е. И. Ванягина [и др.]. - СПб. : [б. и.], 1993 - Вып.1. - 1993. - 171 с.
2. Люпис, К. Химическая термодинамика материалов : научное издание / К. Люпис; пер. с англ. А. Ф. Майоровой [и др.], под ред. Н. А. Ватолина, А. Я. Стомахина. - М. : Металлургия, 1989. - 502 с.
3. Делимарский Ю.К. Химия ионных расплавов : научное издание / Ю. К. Делимарский . - Киев : Наук. думка, 1980. - 327 с.
4. Granet, I. Modern Materials Science / I. Granet. - Reston ; Virginia : Reston Publishing Company, Inc. : A Prentice-Hall Company, 1980. - 530 p.
5. Кудряшева, Н.С. Физическая химия: учебник / Н.С. Кудряшева, Л.Г. Бондарева. – М.: Изд-во «Юрайт-Издат», 2012. – 340 с.
6. Физическая химия неорганических материалов : в 3-х т. / АН УССР. Ин-т пробл. материаловедения; под общ. ред. В. Н. Еременко. - Киев : Наук. думка. Т. 1 : Термодинамика интерметаллидов и фазовые равновесия в металлических системах / Л. В. Артюх, Ю. И. Буянов, Т. Я. Великанова и др. - 1988. - 327 с.
7. Луцык, В. И. Моделирование фазовых диаграмм четверных систем: научное издание / В. И. Луцык, В. П. Воробьева, О. Г. Сумкина; Отв. ред. А. М. Евсеев . - Новосибирск : Наука, 1992. - 198 с.
8. Новоселова, А. В. Фазовые диаграммы, их построение и методы исследования : научное издание / А. В. Новоселова. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987. - 151 с.
9. Филатов, С. К. Высокотемпературная кристаллохимия : Теория, методы и результаты исследований / С. К. Филатов. - Л. : Недра, 1990. - 288 с.
10. Основы физической химии. Том 1 и 2. Теория и задачи: учебник для вузов / В.В. Еремин [и др.]. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 583 с.
11. Physical Chemistry / 3<sup>rd</sup> Edition by R. J. Silby and R. A. Alberty. John Wiley Sons, New York, New York. 2000.
12. Physical Chemistry: a modern introduction / С. Е. Dykstra, Prentice-Hall Publishers, Upper Saddle River. 1997.
13. Physical Chemistry / 6<sup>th</sup> Edition by G. M. Barrow, Mcgraw-Hill, Boston, Massachusetts 1996.
14. The Elements of Physical Chemistry / 2<sup>nd</sup> Edition by P. W. Atkins, Oxford University Press, London, United Kingdom. 1996.

15. Physical Chemistry / 4<sup>th</sup> Edition by I. N. Levine, McGraw-Hill, New York, New York. 1995.
16. Physical Chemistry / 5<sup>th</sup> Edition by P. W. Atkins, Oxford University Press, London, United Kingdom. 1994.
17. Physical Chemistry / G. K. Vemulapalli, Prentice-Hall Publishers, Englewood Cliffs, New Jersey. 1993.
18. Physical Chemistry / 2nd Edition by J. P. Bromberg, Allyn and Bacon, Boston, Massachusetts. 1984.
19. Physical Chemistry / B. D. Khosla, R. Chard, New Delhi, India. 1983.
20. Physical Chemistry / W. J. Moore, Prentice-Hall Publishers, Englewood Cliffs, New Jersey. 1972.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>
2. Электронно-библиотечные системы:
3. «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
4. «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.
5. Электронные учебники:
  - А. Cooksy. Physical Chemistry. Thermodynamics. Statistical Mechanics and Kinetics. International Edition. Pearson. 2014.
  - K.J.Laidler, J.H.Meiser, B.Sanctuary. Physical Chemistry. Electronic Edition. 4<sup>th</sup> ed., Houghton Mifflin Company. 2004.
  - P.Atkins, J. de Paula, Atkins'. Physical Chemistry. South Asia Edition. Oxford. 8<sup>th</sup> ed. — Freeman, 2006. — 1085 p.
  - R.G. Mortimer. Physical Chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. Elsevier ISBN: 978-0-12-370617-1. 2008.
6. Пакеты программ: ORIGIN, Excel, MathCad.
7. Электронные термодинамические базы данных: ИВТАНТЕРМО, NIST Chemistry WebBook, ChemPhysLib DataBase, Helgeson, NBS US.

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

Все виды занятий по дисциплине «Физическая химия» 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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. 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 оба семестра, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для обучающихся является:

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

На занятия аспирант должен приходить, имея багаж знаний и вопросов 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.**

Microsoft Office (Microsoft Excel)

### **10.3. Информационные справочные системы.**

База данных «ИВТАНТЕРМО»

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети Интернет и оснащенных средствами медиапрезентаций (медиакоммуникаций);

Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S (Shimadzu) с высокотемпературной приставкой НТК–1200N (Anton Paar);

ИК-Фурье спектрометр ФСМ-1202;

Весы ОНАУС RV-313;

Рефрактометр ИРФ-470;

Рентгеновский дифрактометр Rigaku Corporation SmartLab 3;

Микроскоп сканирующий (растровый) электронный Tescan Vega 3 SBH;

Прибор для синхронного термического анализа Netzsch STA 449 F3Jupiter;

Прибор для измерений температуро- и теплопроводности Netzsch LFA 457 MicroFlash;

ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IRTracer-100;

Анализатор размера частиц лазерный Shimadzu SALT-7500nano;

Анализатор термомеханический Shimadzu TMA-60.

## **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 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Физическая химия»**

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

Компетенции		
Индекс	Формулировка <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	промежуточный
ПК-6	Готовность использования общих законов физической химии, определяющих строение веществ, направление и кинетику химических превращений в зависимости от внешних условий	промежуточный
ПК-7	Способность к самостоятельной практической научно-исследовательской деятельности в области физической химии по теме кандидатской диссертации	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает аксиоматику термодинамики и термодинамики гетерогенных систем, основные законы термодинамики (фундаментальные уравнения, принцип равновесия, критерии устойчивости, правило фаз и т.д.). Умеет выводить критерии устойчивости гетерогенного комплекса в метриках различных потенциалов. Владеет навыками решения термодинамических задач общего характера.	Правильные ответы на вопросы №1-8 к экзамену	ПК-6

<sup>2</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>Знает основные законы термодинамики и термодинамики гетерогенных систем. Умеет выводить уравнения критических фаз в бинарных и тройных системах. Владеет навыками применения основных законов термодинамики и термодинамики гетерогенных систем для установления частных закономерностей (таких, например, как: соотношения взаимности Онзагера, условия равновесия гетерогенных систем, дифференциальные уравнения бинодалей и спинодалей и т.п.).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №19-28 к экзамену</p>	<p>ПК-7</p>
Освоение раздела №2	<p>Знает основные типы диаграмм фазовых равновесий и фазовых процессов, основные уравнения, описывающие фазовые равновесия (дифференциальное обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса, дифференциальные уравнения открытых и закрытых фазовых процессов, системы уравнений, характеризующих топологический изоморфизм фазовых диаграмм и т.п.). Знает классификацию невариантных равновесий и теорию устойчивости монвариантных равновесий на фазовых диаграммах. Владеет навыками решения типовых задач общей теории фазовых равновесий и превращений.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №9-18 к экзамену</p>	<p>ПК-6</p>
	<p>Умеет выводить аналоги уравнений Клаузиуса-Клапейрона, законов Гиббса-Коновалова, правил Гиббса-Розебома, законов Скрейнемакера для изотермо-изоабрических диаграмм растворимости. Владеет навыками применения основных законов теории фазовых равновесий и превращений (таких, например, как: правила Гиббса-Розебома, законы Гиббса-Коновалова, Клаузиуса-Клапейрона, Скрейнемакера).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №29-36 к экзамену</p>	<p>ПК-7</p>

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 3	<p>Знает общую классификацию термодинамических моделей, исходные предположения (постулаты) их вывода, границы применимости последних.</p> <p>Умеет проводить модельные расчеты фазовых диаграмм и избыточных термодинамических функций на диаграммах растворимости, плавкости, жидкость-пар.</p> <p>Владеет навыками определения и расчета параметров термодинамических расчетов, навыками расчета конкретных фазовых диаграмм, диаграмм открытых и закрытых фазовых процессов, навыками расчета избыточных термодинамических функций.</p>	Правильные ответы на вопросы №37-47 к экзамену	ОПК-1

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена, шкала оценивания – балльная.

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

#### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:

1. Дифференциальное обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса и физический смысл его коэффициентов.
2. Сравнение различных классов термодинамических моделей.
3. Пояснить необходимость введения различных термодинамических потенциалов.
4. Сравнение введения статистической и “тепловой” энтропии.
5. Статистический смысл III-го начала термодинамики.
6. Отличия бинодалей от спинодалей.
7. Состояния пересечения всех типов равновесных состояний: стабильных, метастабильных, безразличных и лабильных.
8. Отличие открытых и закрытых фазовых процессов, примеры их использования.
9. Дифференциальное обобщенное уравнение Ван-дер-Ваальса.
10. Физический смысл коэффициентов в дифференциальном обобщенном уравнении Ван-дер-Ваальса.
11. Следствия дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса (правила Гиббса-Розебома, законы Гиббса-Коновалова, Клаузиуса-Клапейрона, Скрейнемакенса).
12. Диаграммы фазовых равновесий взаимных систем (индексы Йенеке компонентов).
13. Классификация невариантных точек на диаграммах плавкости бинарных и многокомпонентных систем.
14. Классификация невариантных точек на диаграммах растворимости тройных и многокомпонентных систем.
15. Классификация невариантных точек на диаграммах равновесий жидкость-пар бинарных и многокомпонентных систем.

16. Устойчивость моновариантных равновесий в окрестности невариантных точек.
17. Диаграммы закрытых фазовых процессов.
18. Диаграммы открытых фазовых процессов.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

19. Фундаментальные уравнения фаз в метриках различных термодинамических потенциалов.
20. Принцип равновесия Гиббса и классификация состояний равновесия.
21. Критерии устойчивости относительно конечных изменений состояния, бинодали.
22. Критерии устойчивости относительно бесконечно малых изменений состояния, спинодали.
23. Основные свойства критических фаз.
24. Уравнения критических фаз.
25. Правило фаз Гиббса.
26. Условия равновесия гетерогенных систем.
27. Понятие гетерогенного комплекса фаз.
28. Принцип равновесия Гиббса в общем виде, классификация состояний термодинамического равновесия (по Гиббсу).
29. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса уравнения Клаузиуса-Клапейрона для однокомпонентных систем.
30. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса законов Гиббса-Коновалова для фазовых равновесий жидкость-пар для бинарных систем.
31. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса правила Гиббса-Розебома для фазовых равновесий твердое тело-жидкость для бинарных систем.
32. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса правила Ван-Рейна для диаграмм плавкости тройных систем.
33. Вывод с помощью дифференциального обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса правила Скрейнмакера для диаграмм фазовых равновесий жидкость-пар тройных систем.
34. Получение с помощью преобразования Лежандра дифференциальных и интегральных фундаментальных уравнений для термодинамических потенциалов: внутренней энергии, энтальпии, свободной энергии Гиббса и Гельмгольца.
35. Вывод уравнение фаз – Гиббса-Дюгема.
36. Вывод первого и второго дифференциального уравнения критических фаз.

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1:**

37. Тип моделей для неидеальных неассоциированных растворов.
38. Общая классификация термодинамических моделей.
39. Модели растворов электролитов.
40. Модели растворов неэлектролитов.
41. Модели расплавов полупроводников и диэлектриков.
42. Модели твердых растворов изо- и неизоэлектронного замещения.
43. Модели твердых растворов внедрения и вычитания.
44. Алгоритм минимизации свободной энергии Гиббса гетерогенной системы для установления детального состава фаз переменного состава.
45. Термодинамическое моделирование закрытых фазовых процессов.
46. Термодинамическое моделирование открытых фазовых процессов.
47. Термодинамическое моделирование технологически значимых фазовых процессов: перегонка и ректификация, зонная плавка, сублимационные и экстракционные колонны и т.п.

**К экзамену допускаются аспиранты, выполнившие все формы текущего контроля.** При сдаче экзамена, аспирант получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки аспиранта к устному ответу на вопросы - до 60 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГУ.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.