

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

_____ О.Н. Чайковская

«_____» _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

ТЕРМОДИНАМИКА ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Направление подготовки

03.03.02 — Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

1. Код и наименование дисциплины

В.6.11 «Термодинамика фазовых равновесий»
Специализация «Физика металлов».

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Относится к вариативной части Блока 1, входит в модуль по выбору "Физика металлов".
Данная дисциплина обеспечивает профессиональную подготовку бакалавров.

3. Год и семестр обучения

Дисциплина изучается на третьем году обучения, первый и второй семестр.

4. Входные требования для освоения дисциплины

Наличие у студента компетенций, сформированных при освоении дисциплин: математический анализ; дифференциальные уравнения; общий курс физики.

5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов, из которых 82 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем, 62 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, на подготовку к экзамену отводится 36 часов. В рамках изучения дисциплины наряду с лекциями используется образовательная технология в виде семинаров, обеспечивающая включение студентов в аналитическую и дискуссионную групповую работу.

6. Формат обучения

Очный

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1, 1 уровень	(ПК-1) — 1 ЗНАТЬ: специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования. УМЕТЬ: приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы. ВЛАДЕТЬ: навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.
ПК-2, 1 уровень	ПК-2) — 1 ЗНАТЬ: основные стратегии исследований в выбранной области физики. УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики. ВЛАДЕТЬ: методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

№	Наименование разделов и тем	Трудоемкость (час.)					
		се- местр	Всего	Контактная работа		Само- стоя- тельная работа	Форма кон- троля
				Лекции	Практиче- ские заня- тия		
1	Введение в термодинамику фазовых равновесий	I	4	2	0	2	
2	Начала термодинамики	I	12	2	4	6	
3	Равновесие фаз в одно- компонентной системе	I	26	6	8	12	колло- квиум
4	Равновесие фаз в много- компонентной системе	I	24	4	8	12	колло- квиум
5	Термодинамика растворов	I	22	2	8	12	колло- квиум
6	Диаграммы состояния	I	20	2	6	12	колло- квиум
	Итого	I	108	18	34	56	зачет
7	Термодинамика растворов (продолжение)	II	16	6	8	2	колло- квиум
8	Термодинамическая тео- рия твердого состояния	II	12	4	6	2	колло- квиум
9	Термодинамика межфаз- ных границ	II	8	2	4	2	колло- квиум
	Экзамен		36				экзамен
	Итого	II	72	12	18	6	
	Итого	I+II	180	30	52	62	

Содержание разделов дисциплины

№	Раздел дисци- плины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение в термодинамику фазовых равновесий	Современное использование термодинамических данных. Термодинамическое моделирование. Программный пакет ThermoCalc. Положения о равновесии. Классификация равновесных состояний. Система и среда. Нулевое начало. Температура. Тепловое равновесие. Механическое равновесие.
2	Начала термодинамики	Первое начало. Теплота и работа. Внутренняя энергия. Второе начало. Обратимые и необратимые процессы. Равновесная энтропия. Произведенная энтропия при неравновесных процессах. Диссипация энергии. Третье начало. Основное термодинамическое равенство. Термодинамические потенциалы, их первые и вторые производные.

3	Равновесие фаз в однокомпонентной системе	Условия термодинамического равновесия. Потенциал Максвелла-Гюи. Условия устойчивости термодинамического равновесия. Условия предельной устойчивости. Качественный вид термодинамических функций. Открытые системы. Вещественное равновесие. Химический потенциал. Большой термодинамический потенциал. Условие двухфазного равновесия.
4	Равновесие фаз в многокомпонентной системе	Многокомпонентная открытая система. Химический потенциал компонента. Уравнение Гиббса-Дюгема. Двухкомпонентная система. Равновесие двух фаз в системе с нефиксированными экстенсивными параметрами. Диаграмма состояния Т-Р. Скрытая теплота и скрытая механическая работа превращения. Равновесие двух фаз в системе с фиксированными параметрами. Графическое изображение двухфазного равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило коноды. Изохорные и адиабатические переходы. Правило отрезков. Равновесие в системе жидкость-газ. Равновесие трех фаз в однокомпонентной системе.
5	Термодинамика растворов	Графическое изображение состава многокомпонентных систем. Симплекс концентраций. Растворы, мольные парциальные функции. Формулы аддитивности. Обобщенное соотношение Гиббса-Дюгема. Функции смешения. Свойства атермических растворов и растворов с идеальной энтропией смешения. Идеальные растворы. Равновесие и устойчивость растворов. Равновесие двухфазной многокомпонентной системы. Энергия смешения раствора. Модель регулярных растворов.
6	Диаграммы состояния	Диаграммы состояния металлических систем. Первичная кристаллизация сплавов. Твердый раствор. Химические соединения. Механические смеси. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния двухкомпонентных сплавов. Эвтектика, перитектика. Связь между диаграммами состояния, структурой и свойствами сплавов. Понятие о диаграммах состояния трехкомпонентных сплавов. Диаграмма состояния железо-углерод.
7	Термодинамика растворов (продолжение)	Раствор идеальных газов. Парциальная внутренняя энергия. Парциальный объем и парциальное давление газов. Закон Амага. Закон Дальтона. Парциальная энтальпия. Энтропия смешения идеальных газов. Энергия Гиббса и химические потенциалы идеальных газов. Парадокс Гиббса. Формализм Льюиса. Фугитивность и активность компонентов раствора. Положительные и отрицательные растворы. Закон Рауля. Закон Рауля и Генри для предельно разбавленного раствора. Закон Генри. Интегрирование уравнения Гиббса-Дюгема. Анализ поведения двухкомпонентных регулярных

		растворов. Фазовое расслоение.
8	Термодинамическая теория твердого состояния	Теплоемкость твердого тела. Расчет энтропии для обратимых и необратимых процессов. Зависимость между термодинамическими и физическими свойствами. Стандартная свободная энергия Гиббса реакций. Свободная энергия образования раствора. Равновесие между фазами различного состава. Химический потенциал. Растворимость компонентов в разных фазах. Растворимость метастабильной фазы. Отрицательная растворимость. Свободная энергия бинарных систем. Зависимость свободная энергия — состав для случая, когда А и В имеют разные кристаллические структуры. Линии солидуса и ликвидуса для идеального раствора. Сравнение диаграмм состояния различного типа.
9	Термодинамика межфазных границ	Общие сведения о теории поверхностей раздела. Свободная энергия поверхности. Влияние кристаллографической ориентации на поверхностное натяжение. Природа поверхностей раздела твердых тел и сегрегация примесей. Уравнение адсорбции. Поверхностная энергия металлов и соединений. Внутренние границы раздела фаз. Границы раздела зерен. Когерентные и некогерентные границы.

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к зачету;
- подготовку к экзамену.

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты: см. ФОС к дисциплине.
- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций: см. ФОС к дисциплине.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения: см. ФОС к дисциплине.
- Промежуточная аттестация подразумевает проведение зачета и экзамена в устной форме, которые предусматривают дифференцированное оценивание ответа. Экзаменационный билет включает 2 вопроса.

11. Ресурсное обеспечение

• Основная литература

1. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика: Теория равновесных систем: термодинамика. Т.1. Изд.3, перераб. / И. А. Квасников. – URSS. 2012. – 328 с.
2. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика. Изд.4 / М. Х. Карапетьянц. – URSS. 2013. – 584 с.
3. Термодинамика : учебное пособие для вузов. В 2ч. : Ч.1. основной курс / В.П. Бурдаков, Б.В. Дзюбенко, С.Ю. Меснякин, Т.В. Михайлова. – 2-е изд., пересмотр. – М. : Дрофа, 2016. – 479, [1] с.: ил.

• Дополнительная литература

1. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1991. - 376с.
2. Паскаль Ю.И. Термодинамика и кинетика фазовых превращений. -Томск: Изд-во ТГУ (ротапринт), 1977. - 200с.
3. Паскаль Ю.И. Термодинамический анализ диаграмм состояния двухкомпонентных систем. - Томск: Изд-во ГУ (ротапринт), 1979. - 120с.
4. Паскаль Ю.И. Борисов С.С. Химический формализм в теории фазовых превращений. - Томск. Изд-во ТГУ (ротапринт), 1980. - 200 с.
5. Свелин Р.А. Термодинамика твердого состояния. - М.: Металлургия, 1968. - 316с.
6. Бурдаков В.П. Термодинамика: учебное пособие для вузов. В 2ч./ В.П. Бурдаков, Б.В. Дзюбенко, С.Ю. Меснякин, Т.В. Михайлова. – М.: Дрофа, 2009. Ч. 1. Основной курс. – 479 с.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Том V. Статистическая физика. Часть I. - М.: 1976. - 584с.
8. Докторов А.Б, Бурштейн А.И. Термодинамика: Курс лекций / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2003. 82с.
9. Смирнов Е.А. Термодинамика фазовых превращений в металлах и сплавах. Учебное пособие. М.: МИФИ, 1998. - 84с.
10. Пригожин И., Дефей Р. Химическая термодинамика. - Новосибирск: Изд- во Новосиб. Ун-та, 1967. -360с.
11. Пригожин И. Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю.А. Данилова и В.В. Белого – М.: Мир, 2002. – 461 с., ил. – (Лучший зарубежный учебник).
12. Лоренц Г.А. Лекции по термодинамике. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 178 стр.
13. Жоровков М.Ф. Расчет диаграмм состояния бинарных систем в приближении регулярных растворов-Изд-во Томского ун-та, 2001.-71с.
14. Базаров И.П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. Изд. 2-е испр. – М: Едиториал УРСС, 2003 – 120с.

• Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
2. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>

4. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
6. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
10. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
11. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>
12. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>

- **Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса.**

При осуществлении образовательного процесса предполагается использование мультимедийных технологий, электронных ресурсов и коммуникационных технологий, включая сайт физического факультета, социальные сети, электронную почту, личные сайты преподавателей.

- **Описание материально-технической базы.**

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ. Учебные занятия проходят в учебной аудитории с использованием мультимедийного, презентационного и интерактивного оборудования, в том числе интерактивной доски ActiveVision.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель: доцент Литовченко И.Ю.

Авторы: доцент Литовченко И.Ю., доцент Жоровков М.Ф.

Рецензент: профессор Коротаев А.Д.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физического факультета
Томского государственного университета

30.06.2016 года, протокол № 6-16

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

О.Н. Чайковская

«_____» _____ 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕРМОДИНАМИКА ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ**

Направление подготовки

03.03.02 – Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина

В результате освоения дисциплины «Термодинамика фазовых равновесий» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.
- ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования.
- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. Шифр: З (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблемы физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы
УМЕТЬ: осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе Шифр: У (ПК-1) -1	Отсутствие умений	Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать эффективные методы ведения научно-исследовательской работы	Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научно-исследовательской работы

<p>УМЕТЬ:</p> <p>применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p> <p>Шифр: У (ПК-1) -2</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>Успешное и систематическое использование умения применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками работы с научной и учебной литературой</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -1</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой,</p> <p>нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя</p>	<p>Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками анализа научной и учебной литературой</p>

<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыками приобретения умений и знаний</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -2</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Фрагментарное владение методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>
---	-------------------	--	---	--	---

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные стратегии исследований в выбранной области физики.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики.
- **ВЛАДЕТЬ:** методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>ЗНАТЬ: методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости</p> <p>Шифр: 3 (ПК-2) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Общие, но не структурированные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные систематические знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости
<p>УМЕТЬ:</p> <p>анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	В целом успешный, но содержащий отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости

Шифр: У (ПК-2) -1					
<p>УМЕТЬ:</p> <p>самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Шифр: У (ПК-2) -2</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	<p>Сформированное умение</p> <p>самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; умение</p> <p>оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации различных вариантов</p>

<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -1</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -2</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>

2. Этапы формирования компетенций

	Этап	Лекции	Практика	СРС	Форма контроля
1	Введение в термодинамику фазовых равновесий	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1		3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	
2	Начала термодинамики	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	
3	Равновесие фаз в однокомпонентной системе	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
4	Равновесие фаз в многокомпонентной системе	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
5	Термодинамика растворов	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
6	Диаграммы состояния	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
зачет					
7	Термодинамика растворов (продолжение)	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
8	Термодинамическая теория твердого состояния	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
9	Термодинамика межфазных границ	3 (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1	У (ПК-1) - 1, 2 В (ПК-1) - 1, 2 У (ПК-2) - 1, 2 В (ПК-2) - 1, 2	3 (ПК-1) - 1 У (ПК-1) - 1 В (ПК-1) - 1 3 (ПК-2) - 1 У (ПК-2) - 1	КОЛЛОКВИУМ
ЭКЗАМЕН					

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

В курсе «Термодинамика фазовых равновесий» используется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов за семестр и формируется следующим образом: 40 баллов по результатам текущей аттестации и 60 баллов по результатам промежуточной аттестации – зачет в первом семестре и 30 баллов по результатам текущей аттестации и 70 баллов по результатам промежуточной аттестации – экзамен во втором семестре. Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученной по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации (устного экзамена).

Текущая аттестация включает:

активность студента на коллоквиумах: 4 коллоквиума по (0-10 баллов) за каждый, в первом семестре, итого 0-40 баллов и 3 коллоквиума по (0-10 баллов) за каждый во втором семестре, итого 0-30 баллов;

Промежуточная аттестация в первом семестре проводится в форме устного зачета, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа (0-60 баллов). Каждый билет состоит из двух теоретических вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины. К зачету допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию.

Промежуточная аттестация во втором семестре проводится в форме устного экзамена, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа (0-70 баллов). Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины. К экзамену допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию.

Критерии формирования оценки на промежуточной аттестации (зачет)

Количество баллов	Результат, продемонстрированный студентом на зачете
41-60	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, способному самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
31-40	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в ответе
11-30	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия.
0-10	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины

Соответствие рейтинговой оценки по сто балльной шкале классической шкале зачет/не зачет:

0-50 балла – «не зачет»;

51-70 баллов – «зачет»;

71-80 баллов – «зачет»;

81-100 баллов – «зачет».

Критерии формирования оценки на промежуточной аттестации (экзамен)

Количество баллов	Результат, продемонстрированный студентом на экзамене
51-70	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, способному самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
41-50	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему некритичные неточности в ответе
21-40	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия.
0-20	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины

Соответствие рейтинговой оценки по стобалльной шкале пятибалльной шкале:

0-50 балла – «неудовлетворительно»;

51-70 баллов – «удовлетворительно»;

71-80 баллов – «хорошо»;

81-100 баллов – «отлично».

Распределение текущего контроля по семестру.

Семестр	Форма контроля	Срок отчетности	Максимальное количество баллов
1	Коллоквиум	9 неделя, 11 неделя, 13 неделя, 16 неделя	40
	Зачет		65
	Суммарный рейтинг за семестр		100
2	Коллоквиум	5 неделя, 9 неделя, 16 неделя	30
	Экзамен		70
	Суммарный рейтинг за семестр		100

Темы коллоквиумов:

1. «Равновесие фаз в однокомпонентной системе».
2. «Равновесие фаз в многокомпонентной системе».
3. «Термодинамика растворов-I».
4. «Диаграммы состояния».
5. «Термодинамика растворов-II».
6. «Термодинамическая теория твердого состояния».
7. «Термодинамика межфазных границ».

Перечень вопросов для зачета:

1. Система и среда. Общее начало термодинамики.
2. Механическая аналогия термодинамического равновесия.
3. Термодинамические параметры.
4. Обратимые и необратимые процессы.
5. Функции состояния. Нулевое начало термодинамики.

6. Теплота и работа.
7. Первое начало термодинамики.
8. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Энтропия.
9. Второе начало термодинамики для необратимых процессов. Принцип компенсации. Диссипация энергии.
10. Тепловой двигатель.
11. Третье начало термодинамики.
12. Основное термодинамическое равенство. Различные варианты записи основного термодинамического равенства.
13. Термодинамические потенциалы их свойства.
14. Дифференциалы термодинамических потенциалов.
15. Теплоемкость.
16. Первые производные от термодинамических потенциалов по характерным параметрам.
17. Вторые производные от термодинамических потенциалов. Характеристики вещества.
18. Свойства якобианов. Соотношения между c_p и c_v .
19. Условия термодинамического равновесия. Потенциал Максвелла-Гюи.
20. Условия устойчивости термодинамического равновесия.
21. Качественный вид термодинамических функций.
22. Однокомпонентная открытая система. Химический потенциал.
23. Многокомпонентная открытая система. Химический потенциал.
24. Уравнение Гиббса-Дюгема, пример двухкомпонентной системы.
25. Равновесие двух фаз в системе с нефиксированными экстенсивными параметрами. Изменение экстенсивных параметров системы.
26. Диаграмма состояния T-P. Скрытая теплота превращения. Скрытая механическая работа превращения.
27. Условия механического равновесия фаз. Запрет на межфазный перенос вещества.
28. Равновесие двух фаз в системе с фиксированными параметрами. В изохорной системе. В адиабатической системе.
29. Двухфазное равновесие в замкнутой системе. Совместное рассмотрение механического и вещественного равновесия и их устойчивости в изохорно-изотермической системе.
30. Графическое изображение двухфазного равновесия. График T-P. Изобарное сечение трехмерного графика. Изотермическое сечение.
31. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона.
32. Диаграммы состояния типа P-V с областью двухфазности. Вариантность однофазного и двухфазного равновесия
33. Правило коноды для однокомпонентной системы. Изохорные и адиабатические переходы/
34. Правило отрезков.
35. Равновесие в системе жидкость газ. Двухфазное равновесие.
36. Графическое изображение состава многокомпонентной системы. Треугольник, тетраэдр, симплекс концентраций. Особые сечения.
37. Растворы. Мольные парциальные функции. Экстенсивные параметры раствора. Формулы аддитивности. Обобщенное соотношение Гиббса-Дюгема.
38. Функции смешения. Теплота смешения, энтропия смешения, Термодинамический стимул смешения. Идеальные растворы.
39. Равновесие раствора, устойчивость равновесия.
40. Энергия смешения раствора. Модель регулярных растворов.
41. Диаграммы состояния металлических систем. Индивидуальный вопрос.

Билеты к экзамену

Билет № 1

1. Фазовое расслоение двухкомпонентного регулярного твердого раствора. Условия диффузионной неустойчивости твердого раствора. Диаграмма состояния (Т-С). Уравнение кривой расслоения.
2. Закон Рауля и Генри для предельно разбавленных растворов. Обобщение этих законов на случай неидеальной газовой фазы.

Билет № 2

1. Анализ поведения двухкомпонентных регулярных твердых растворов. График $\varphi_{\text{смеш}}(c)$ и его особые точки.
2. Вторые производные от термодинамических потенциалов. Характеристики вещества.

Билет № 3

1. Начала термодинамики (общее, I, II, III), обратимые и необратимые процессы, энтропия.
2. Диаграммы состояния металлических систем. Различные виды диаграмм. Эвтектика, перитектика, растворимость. Правило фаз Гиббса.

Билет № 4

1. Теплоемкость (адиабатическая изотермическая, изохорная изобарная). Теплоемкость твердого тела. Эмпирические зависимости.
2. Формализм Льюиса. Фугитивности и активности компонентов раствора. Коэффициент активности.

Билет № 5

1. Энергия Гиббса и химические потенциалы раствора идеальных газов.
2. Парадокс Гиббса и его решение, предложенное Гиббсом.

Билет № 6

1. Графическое изображение двухфазного равновесия Трехмерный график (φ -р-Т). Изобарное сечение (φ -Т). Изоба-

ра $S(T)$. Скачек теплоемкости $C_p(T)$. Метастабильные состояния. Изотермическое сечение $\varphi(p)$. Изотерма объема $V(P)$.

2. Энергия смешения двухкомпонентного раствора. Энергия смешения при полном конфигурационном беспорядке. Произвольное количество компонентов. Мольная парциальная энергия смешения раствора.

Билет № 7

1. Условия устойчивости термодинамического равновесия.
2. Многокомпонентная открытая система Химический потенциал. Дифференцирование термодинамических потенциалов по n_i при фиксированных $n_{j \neq i}$. Физическая интерпретация математической операции дифференцирования.

Билет № 8

1. Парциальный объем и парциальное давление газов. Закон Дальтона, Амаго. Парциальная энтальпия идеальных газов. Энтропия смешения идеальных газов.
2. Уравнение Гиббса-Дюгема, пример двухкомпонентной системы.

Билет № 9

1. Химическое взаимодействие и термодинамические свойства растворов. Регулярная модель как метод возмущения.
2. Диаграмма состояния T - P . Скрытая теплота превращения. Скрытая механическая работа превращения

Билет № 10

1. Равновесие раствора, устойчивость равновесия.
2. Равновесие в системе жидкость газ. Двухфазное равновесие. Уравнение Ван-дер-Ваальса (критическая точка, изотермы).

Билет № 11

1. Однокомпонентная открытая система. Химический потенциал. Выражения для химического потенциала, полученные из термодинамических потенциалов: внутренней энергии, энтальпии, свободной энергии, энтропии, потенциала Гиббса.
2. Функции смешения. Теплота смешения, энтропия смешения, Термодинамический стимул смешения. Идеальные растворы.

Билет № 12

1. Второе начало термодинамики для необратимых процессов. Принцип компенсации. Диссипация энергии.
2. Растворы. Мольные парциальные функции. Экстенсивные параметры раствора. Формулы аддитивности. Обобщенное соотношение Гиббса-Дюгема.

Билет № 13

1. Стандартное состояние. Эндотермические и экзотермические растворы. Энтропия смешения. Термодинамический стимул смешения. Конфигурационная энтропия.
2. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Диаграммы состояния типа $p-v$ с областью двухфазности. Вариантность однофазного и двухфазного равновесия.

Билет № 14

1. Энергия смешения раствора. Модель регулярных твердых растворов. Основные допущения.
2. Термодинамические параметры (экстенсивные, интенсивные, удельные, интенсивные меры равновесия, транзитивность равновесия, внутренние и внешние параметры).

Билет № 15

1. Графическое изображение состава многокомпонентной системы. Треугольник, тетраэдр, симплекс концентраций. Особые сечения.
2. Закон Рауля, выраженный в терминах формализма Льюиса.

Билет № 16

1. Условия термодинамического равновесия. Потенциал Максвелла-Гюи.
2. Правило коноды для однокомпонентной системы. Изохорные и адиабатические переходы. Конода на графике $(f-v)$ и $(h-s)$. Правило отрезков.

Лист актуализации Рабочей программы дисциплины

ООП Высшего образования

Направление 03.03.02 — Физика

Дисциплина ТЕРМОДИНАМИКА ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Раздел (подраздел), в который вносятся изменения	Основания для изменений	Краткая характеристика вносимых изменений	Дата и номер протокола заседания учебно-методической комиссии
Раздел 7. Термодинамика растворов (продолжение). Раздел 8. Термодинамика межфазных границ Раздел 9. Фазовые превращения и термодинамика зарождения фаз	Оптимизация образовательного процесса для более глубокого понимания физических процессов ответственных за характерные типы равновесных диаграмм состояния двухкомпонентных систем. Для обеспечения связи между курсом «Термодинамика фазовых равновесий» и последующим курсом «Кинетика фазовых превращений» добавлены начальные сведения о термодинамических процессах фазовых превращений.	Добавлено: Эмпирическое определение регулярных растворов. Графический анализ экстремумов функции $\varphi_{см}(c)$. Диаграмма состояние Т-С (фазовое расслоение). Простейшие типы диаграмм состояния, сложные диаграммы состояния. Перенесено из раздела 8: Сравнение диаграмм состояния различного типа. Добавлены сведения о влиянии энергии смешения на вид диаграмм состояния. Содержание раздела 8 изменено: Термодинамика межфазных границ (бывший раздел 9). Содержание раздела 9 изменено: Фазовые превращения и	Протокол № 05-17 от 29.05.2017

		<p>термодинамика зарождения фаз Добавлено: Термодинамические стимулы фазовых превращений и классификация фазовых переходов. Термодинамика зарождения фаз. Термодинамика мартенситных превращений.</p>	
<p>Раздел 2. Начала термодинамики. Раздел 3. Равновесие фаз в однокомпонентной системе Раздел 4. Равновесие фаз в многокомпонентной системе Раздел 5. Термодинамика растворов Раздел 6. Диаграммы состояния</p>	<p>Сокращение (на 20 часов) количества аудиторных занятий на первую часть курса (I семестр)</p>	<p>Уменьшено количество часов практических занятий, разделы 1-5 до 2-х часов на раздел, раздел 6 – до 4-х часов.</p>	<p>Протокол № 06-18. от 28.06.2018 г.</p>