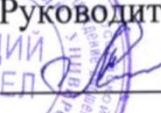



Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 01.10.2024 10:53:36  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП  
 А.В. Солнышкин  
«21» мая 2024 г.

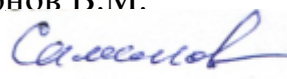


Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
**Кинетика и термодинамика поверхностных явлений**

Направление подготовки  
03.04.02 Физика

профиль  
Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов  
1 курса, очной формы обучения

Составитель: д.ф.-м.н., профессор Самсонов В.М.  


## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины являются естественное продолжение и углубление знаний и навыков, полученных студентами 1 курса магистратуры. Особое внимание уделяется изучению основ термодинамики и кинетики фазовых превращений, включая термодинамику и кинетику зарождения новой фазы.

Задачами освоения дисциплины являются изучение теоретических основ и решение задач дополняется компьютерными лабораторными работами, посвященными изучению структурных и фазовых превращений в наночастицах на основе методов компьютерного моделирования.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Кинетика и термодинамика поверхностных явлений» относится к модулю Элективные дисциплины 1 Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Она соответствует одному из основных направлений исследований кафедры общей физики, углубляет и расширяет основы знаний по дисциплинам специализации, изучаемым в бакалавриате, в частности со спецкурсом «Экспериментальные и теоретические методы в ФКС». Данная дисциплина тематически связана с учебной, производственной практиками, в процессе которых формируются навыки научно-исследовательской и инженерной деятельности.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов;

**самостоятельная работа:** 78 часов.

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

<i>Планируемые результаты освоения</i>	<i>Планируемые результаты обучения по</i>
--	---

<i>образовательной программы (формируемые компетенции)</i>	<i>дисциплине</i>
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.	УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.
ПК-3. Способен выполнять проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанометаллов, сплавов и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов.	ПК-3.3. Анализирует результаты испытаний образцов материалов.
ПК-5. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам.	ПК-5.2. Систематизирует и изучает научно-техническую информацию по теме исследования.

## **5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Зачет во 2 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		
		всего	в т.ч. ПП	
<b>Фазовые переходы первого и второго рода</b> 1. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. 2. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. 3. Примеры фазовых переходов второго рода: переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние; переход ферромагнетик – парамагнетик, переход сегнетоэлектрик – линейный диэлектрик. 4. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Понятие о параметре порядка по Ландау. Разложение Ландау.	31	5		26
<b>2. Введение в кинетику зарождения новой фазы</b> 1. Основные характеристики дисперсных систем: степень дисперсности, асферический фактор, удельная поверхность. Теорема Вульфа. 2. Условия равновесия дисперсной системы. Влияние степени дисперсности на термодинамические свойства системы «Кристалл (зерно) – пар» 3. Работа нуклеации и ее зависимость от радиуса зародыша. Критический зародыш по Гиббсу	31	5		26
<b>Компьютерные лабораторные работы:</b> – Исследование распределения плотности в малой капле простого леннард-джонсовского флюида и полимерной микрочастицы на основе молекулярно-динамического моделирования; – Исследование размерной зависимости температуры плавления нанокристаллов; – Молекулярно-динамическое исследование гистерезиса плавления и кристаллизации наночастиц.	46	20		26
<b>Итого</b>	108	30		78

### III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<p><b>Фазовые переходы первого и второго рода</b></p> <p>4.Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.</p> <p>5.Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.</p> <p>6.Примеры фазовых переходов второго рода: переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние; переход ферромагнетик – парамагнетик, переход сегнетоэлектрик – линейный диэлектрик.</p> <p>4. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Понятие о параметре порядка по Ландау. Разложение Ландау.</p>	<p><i>Лекции</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>
<p><b>2. Введение в кинетику зарождения новой фазы</b></p> <p>4. Основные характеристики дисперсных систем: степень дисперсности, асферический фактор, удельная поверхность. Теорема Вульфа.</p> <p>5. Условия равновесия дисперсной системы. Влияние степени дисперсности на термодинамические свойства системы «Кристалл (зерно) – пар»</p> <p>6. Работа нуклеации и ее зависимость от радиуса зародыша. Критический зародыш по Гиббсу</p>	<p><i>Лекции</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>
<p><b>Компьютерные лабораторные работы:</b></p> <p>– Исследование распределения плотности в малой капле простого леннард-джонсовского флюида и полимерной</p>	<p><i>Лабораторные работы</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>

<p>микрочастицы на основе молекулярно-динамического моделирования;</p> <p>– Исследование размерной зависимости температуры плавления нанокристаллов;</p> <p>– Молекулярно-динамическое исследование гистерезиса плавления и кристаллизации наночастиц.</p>		
--	--	--

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

*Форма проведения промежуточного контроля:* студенты, освоившие программу курса «Кинетика и термодинамика поверхностных явлений» могут сдать зачет по итогам семестровой аттестации согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

**Для проведения текущей и промежуточной аттестации:**

**УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.**

УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними

**Задание:**

Метод молекулярно-динамического моделирования растекания капли по твердой поверхности.

**Способ аттестации:** устный

**Критерии оценки:**

Высокий уровень: Корректно выполнено молекулярно-динамическое моделирование растекания капли по твердой поверхности, результаты моделирования обработаны корректно.

Средний уровень: Корректно выполнено молекулярно-динамическое моделирование растекания капли по твердой поверхности, но результаты моделирования обработаны не вполне корректно.

Низкий уровень: Выполнено молекулярно-динамическое моделирование растекания капли по твердой поверхности, но результаты моделирования корректно не обработаны.

## **ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.**

ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений;

ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

### **Задание:**

Методом оценки избыточной поверхностной энтропии по табличным данным для поверхностного натяжения оценить поверхностную энтропию.

### **Способ аттестации:**

### **Критерии оценки:**

Высокий уровень: Представлены корректные оценки поверхностной энтропии, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Средний уровень: Представлены оценки поверхностной энтропии, но не даны правильные ответы на все дополнительные вопросы.

Низкий уровень: Сделаны оценки поверхностной энтропии после нескольких дополнительных указаний.

## **ПК-3. Способен выполнять проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанометаллов, сплавов и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов.**

ПК-3.3. Анализирует результаты испытаний образцов материалов.

### **Задание:**

Продемонстрировать владение методом нахождения равновесных углов смачивания по изображениям капли на твердой поверхности.

**Способ аттестации:** письменный

**Критерии оценки:**

Высокий уровень: Хорошо владеет современными методами нахождения равновесных углов смачивания по изображениям капли на твердой поверхности.

Средний уровень: Удовлетворительно владеет современными методами нахождения равновесных углов смачивания по изображениям капли на твердой поверхности.

Низкий уровень: Плохо владеет современными методами нахождения равновесных углов смачивания по изображениям капли на твердой поверхности.

#### **ПК-5. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам.**

ПК-5.2. Систематизирует и изучает научно-техническую информацию по теме исследования.

**Задание:**

Подготовка презентации по актуальному направлению физики межфазных явлений.

**Способ аттестации:** письменный

**Критерии оценки:**

Высокий уровень: Презентация подготовлена на высоком уровне, ее представление также заслуживает высокой оценки

Средний уровень: Презентация подготовлена на высоком уровне, но ее представление не заслуживает высокой оценки.

Низкий уровень: Имеется ряд замечаний как по самой презентации, так и по ее представлению.

#### **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1) Рекомендуемая литература



1. Буданов, В. В. Химическая термодинамика : учебное пособие / В. В. Буданов, А. И. Максимов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-2271-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209705>
2. Бажин, Н. М. Основы химической термодинамики : учебное пособие для вузов / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 212 с. — ISBN 978-5-507-48594-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/386087>

б) дополнительная литература:

1. Захаров А.Ю. Теоретические основы физического материаловедения. Статистическая термодинамика модельных систем: учебное пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 256 с. — [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72580](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72580)
2. Дубровский В.Г. Механика, термодинамика и молекулярная физика: сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. - 2-е издание, испр. и доп. - Новосибирск : НГТУ, 2015. - 184 с. : схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7782-2686-9 ; [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438309>
3. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния: учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 200 с. — [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91292>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);

2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;

3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Научная электронная библиотека eLibrary.ru;

Электронная база данных диссертаций РГБ;

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Текущий контроль успеваемости

Тема «Фазовые переходы первого и второго рода»

1. Что такое термодинамическая фаза?
2. Какое понятие является более общим: агрегатное состояние или фаза.
3. Какие фазовые переходы называются фазовыми переходами 1 рода?
4. Какие фазовые переходы называются фазовыми переходами 2 рода?
5. Возможны ли фазовые переходы 3 рода и более высоких порядков?
6. Что общего между фазовыми переходами «ферромагнетик-парамагнетик» и «сегнетоэлектрик-парафаза».
7. Чем отличается параметр порядка от остальных термодинамических параметров?

Тема «Введение в кинетику зарождения новой фазы»

1. Что такое квазигидростатика? Какой смысл вкладывается в префикс «квази-»?
2. Как зависит поверхностное натяжение от выбора положения разделяющей поверхности?
3. Каковы основные характеристики дисперсных систем?

4. Дайте определение фактору асферичности по Стребейко.
5. Является ли равновесие между малой каплей жидкости и перенасыщенным паром стабильным?
6. Какой зародыш называется критическим?
7. Возможна ли гетерогенная нуклеация из недосыщенного пара?

## 2. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

Для оценивания результатов обучения в виде владения предлагается, используя [2] из дополнительной литературы исследовать темы «Фактор асферичности. Гомогенное зарождение жидкого аэрозоля» (с. 22-25) и «Гетерогенное зарождение на ионах» (с. 25-28).

Для оценивания результатов обучения в виде владения предлагается, используя [2] из дополнительной литературы исследовать темы «Гетерогенное зарождение на совершенной плоской подложке» (с. 28-33) и «Типы ядер конденсации. Гетерогенное зарождение на ядрах конденсации» (с. 33-43).

## VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Базовая учебная лаборатория общей физики. Лаборатория молекулярной физики №211 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Монитор 17" LG Flatron 1751SQ-SN Silver-Black 8ms TFT TCO 03 2. Принтер лазерный HP LJ 1005 (14 стр./мин) 3. Экран настенный Screen Media 153*203(M082-08150) 4. Экран настенный Screen Media 213*213(M082-08157) 5. Компьютер (DEPO Neos 420MD WP/OF Pro AE/E4600/2*1G/DDR667/160G/DV16/FDD/KVb/Монитор LCD BenQ17 6. Компьютер 7. Установка для определения	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Notepad++ Многофункциональный редактор ONLYOFFICE VLC media player

	<p>определенный коэф. диффузии воздуха и водяного пара ФПТ 1-4</p> <p>8 Установка для измерения теплоты парообразования ФПТ 1-10</p> <p>9 Установка для определения универсальной газовой постоянной ФПТ 1-12</p> <p>10 Установка для определения коэф. теплопроводности воздуха ФПТ 1-3</p> <p>11 Установка для определения коэффициента вязкости воздуха ФПТ 1-1</p> <p>12 Установка для определения энтропии при плавлении олова ФПТ 1-11</p> <p>13 Установка для изучения зависимости скорости звука от температуры ФПТ 1-7</p> <p>14 Установка для исследования теплоемкости твердого тела ФПТ 1-8</p> <p>15 Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" (2 шт)</p> <p>16 Установка для определения отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме ФПТ 1-6</p> <p>17 Уравнение состояния идеального газа с применением ПК</p> <p>18 Демонстрационный набор по термодинамике</p> <p>19 Установка для формирования и измерения температур МЛИ-2</p>	
--	--	--

### VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			