

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 13.09.2022 14:50:38
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»
Физико-технический факультет

Утверждаю:



Руководитель ООП

Малышкина О.В.

«27 марта» 2017

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физика межфазных явлений

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Направление подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

специальность

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Для аспирантов 2 года обучения

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

Самсонов

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физика межфазных явлений.

2. Цель и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины является: изучение теоретических основ межфазных и поверхностных явлений.

Задачами освоения дисциплины является формирование четкого понимания основных понятий и идей современной физики межфазных явлений; подготовка аспирантов к изучению, в случае необходимости, специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является дисциплиной по выбору вариативной части блока 1 направления подготовки 03.06.01 – Физика и Астрономия, направленность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Дисциплина изучается на втором году обучения и имеет логические и содержательно – методические взаимосвязи с обязательными дисциплинами и дисциплинами по выбору вариативной части ООП. Для освоения дисциплины от слушателей требуются предварительные знания и навыки из курсов направления подготовки магистратуры 03.04.02 «Физика» и 03.04.03 «Радиофизика». Дисциплина «Физика межфазных явлений» подготавливает аспирантов к сдаче кандидатского минимума по специальности.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. ед., 108 академических часов, в том числе контактная работа: Лекции 4 час., практические 4 час., самостоятельная работа 100 часа.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с	Владеть: информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности. Уметь использовать знания современных проблем физики конденсированного состояния и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими

использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния.</p> <p>Знать: основы построения научных статей и научно-технической документации</p>
<p>ПК-1</p> <p>способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>Владеть постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p>Знать основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.</p>

6. Форма промежуточной аттестации

зачет на 2 году обучения.

7. Язык преподавания русский.

II. Структура дисциплины

1. Структура дисциплины для студентов очной и заочной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Лекции, практические	Самостоятельная работа (час.)
Поверхность. Межфазные явления. <ul style="list-style-type: none">– Понятие физической границы раздела.– Поверхностное натяжение границы раздела «жидкость – газ». Квазигидростатическое определение поверхностного натяжения.– Метод Гиббса. Характеристические функции плоской границы раздела– Поверхность натяжения. Эквимолекулярная разделяющая поверхность.– Основное уравнение теории капиллярности.– Термодинамика плоской границы раздела.– Уравнения теории поверхностных фаз Гибса для плоской границы раздела.– Метод слоя конечной толщины.– Равновесие в системах с искривленной границей раздела.– Термодинамика криволинейных границ раздела, уравнение Кондо. Характеристические функции для криволинейных границ раздела– Условия равновесия фаз в системе с искривленной границей раздела.– Влияние кривизны границы раздела на термодинамические свойства системы.– Размерная зависимость поверхностного натяжения. Теория Толмена. Асимптотическая формула Русанова.– Динамические и энергетические характеристики границы раздела «твердое тело – газ»– Краевые условия.– Термодинамика смачивающих слоев.– Адсорбционные слои и смачивание.– Понятие об эпитаксии. Эпитаксиальные технологии. Физическая эпитаксия и хемоэпитаксия.	108	8	100
ИТОГО:	108	8	100

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- Вопросы к сдаче кандидатского минимума.

IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-1 «Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Промежуточный</p> <p>Владеть: информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности.</p> <p>Уметь использовать знания современных проблем физики конденсированного состояния и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния.</p> <p>Знать: основы построения научных статей и научно-технической документации</p>	<p>1. Метод Гиббса. Характеристические функции плоской границы раздела.</p> <p>2. Метод слоя конечной толщины.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 «Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>промежуточный</p> <p>Владеть постановкой</p>	<p>1. Размерная зависимость поверхностного натяжения.</p> <p>2. Теория Толмена.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно

<p>научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p>Знать: основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.</p>	<p>3. Асимптотическая формула Русанова.</p>	<p>– 1 балл;</p> <ul style="list-style-type: none"> • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;
--	---	--

V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Физика твердого тела: учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3
<http://znanium.com/go.php?id=363421>
2. Витязь, П.А. Наноматериаловедение: учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич, Д.В. Куис. - Минск : Вышэйшая школа, 2015. - 512 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-06-2356-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450513>

б) дополнительная литература

1. Федотов, А.К. Физическое материаловедение : учебное пособие : в 3-х ч. / А.К. Федотов. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - Ч. 1. Физика твердого тела. - 400 с. : ил. - ISBN 978-985-06-1918-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119759>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

- 1) журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
- 2) свойства материалов <http://materials.springer.com/>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы к экзамену по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояние
ЧАСТЬ I

1. Силы связи в твердых телах

- 1.1 Электронная структура атомов.
- 1.2 Химическая связь и валентность.
- 1.3 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь.
- 1.4 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ионная связь, ковалентная связь.
- 1.5 Типы сил связи в конденсированном состоянии: металлическая связь.
- 1.6 Химическая связь и ближний порядок.
- 1.7 Структура вещества с ненаправленным взаимодействием.
- 1.8 Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ.
- 1.9 Структура типа CsCl, типа NaCl.
- 1.10 Структура типа перовскита CaTiO₃.
- 1.11 Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена.
- 1.12 Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
- 1.13 *Понятие физической границы раздела.*
- 1.14 *Поверхностное натяжение границы раздела «жидкость – газ». Квазигидростатическое определение поверхностного натяжения.*
- 1.15 *Метод Гиббса. Характеристические функции плоской границы раздела*
- 1.16 *Поверхность натяжения. Эквимолекулярная разделяющая поверхность.*
- 1.17 *Основное уравнение теории капиллярности.*
- 1.18 *Термодинамика плоской границы раздела.*
- 1.19 *Уравнения теории поверхностных фаз Гибса для плоской границы раздела.*
- 1.20 *Метод слоя конечной толщины.*
- 1.21 *Равновесие в системах с искривленной границей раздела.*
- 1.22 *Термодинамика криволинейных границ раздела, уравнение Кондо. Характеристические функции для криволинейных границ раздела*
- 1.23 *Условия равновесия фаз в системе с искривленной границей раздела.*
- 1.24 *Влияние кривизны границы раздела на термодинамические свойства системы.*
- 1.25 *Размерная зависимость поверхностного натяжения. Теория Толмена. Асимптотическая формула Русанова.*
- 1.26 *Динамические и энергетические характеристики границы раздела «твердое тело – газ»*
- 1.27 *Краевые условия.*
- 1.28 *Термодинамика смачивающих слоев.*
- 1.29 *Адсорбционные слои и смачивание.*
- 1.30 *Понятие об эпитаксии. Эпитаксиальные технологии. Физическая эпитаксия и хемоэпитаксия.*

2. Симметрия твердых тел

- 2.1 Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность.
- 2.2 Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца.
- 2.3 Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
- 2.4 Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
- 2.5 Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции.
- 2.6 Операции (преобразования) симметрии.
- 2.7 Элементы теории групп, группы симметрии.
- 2.8 Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
- 2.9 Пространственные и точечные группы (кристаллические классы).
- 2.10 Решетка Браве. Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

- 3.1 Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- 3.2 Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

4. Дифракция в кристаллах

- 4.1 Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.
- 4.2 Распространение волн в кристаллах. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- 4.3 Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
- 4.4 Дифракция в аморфных веществах.

5. Колебания решетки

- 5.1 Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов.
- 5.2 Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.
- 5.3 Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

ЧАСТЬ II

6. Тепловые свойства твердых тел

- 6.1 Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость.
- 6.2 Теплоемкость твердых тел. Электронная теплоемкость.
- 6.3 Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
- 6.4 Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
- 6.5 Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- 6.6 Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
- 6.7 Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

7. Электронные свойства твердых тел

- 7.1 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Проводимость.
- 7.2 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Эффект Холла.
- 7.3 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. ТермоЭДС.
- 7.4 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Фотопроводимость. Оптическое поглощение.
- 7.5 Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции.
- 7.6 Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

- 7.7 Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
- 7.8 Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- 7.9 Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- 7.10 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы.
- 7.11 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Диэлектрики
- 7.12 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полупроводники.
- 7.13 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полуметаллы.
- 7.14 Классификация диэлектриков. Основные процессы, протекающие в твердых телах под действием электрического поля. Тепловая, ионная и ориентационная поляризации.
- 7.15 Электромеханические свойства диэлектриков. Пьезоэлектрический эффект.
- 7.16 Природа спонтанной поляризации диэлектриков. Основные понятия физики сегнетоэлектричества. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Доменная структура. Пироэлектрический эффект.

8. Магнитные свойства твердых тел

- 8.1 Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- 8.2 Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- 8.3 Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- 8.4 Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- 8.5 Спиновые волны, магноны.
- 8.6 Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

- 9.1 Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные.
- 9.2 Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.
- 9.3 Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- 9.4 Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
- 9.5 Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

10. Сверхпроводимость

- 10.1 Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
- 10.2 Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
- 10.3 Эффект Джозефсона.

10.4 Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

Выработка профессиональных навыков и умений предполагает широкое использование в ходе образовательного процесса интерактивных методик обучения. Использование активных методов обучения имеет целью конструктивное вовлечение аспирантов в учебный процесс, активизацию учебно-познавательной деятельности. Активные методы обучения предполагают деловое сотрудничество, взаимодействие, обмен информацией, более глубокое усвоение материала, понимание сущности изучаемых явлений, и как результат – получение соответствующих знаний, умений и навыков, формирование компетенций.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория: 217 (170002, Тверская область, г. Тверь, Садовый пер., д.35)	1 Компьютер INT Allegro Intel Core i5-2400/2*2048Мб/DVD-RW / Монитор 21.5" AOC F22/клавиатура/мышь/коврик/гарнитура/вн. звук.карта 2 Компьютер (монитор LCD BenQ 21.5 1920*1080, процессор CPU AMD FX - 9590 BOX) 3 Компьютер Core 4 Компьютер SINTO OFFICE (монитор AOC e2450 whk) 5 Компьютер в составе:системный блок Ci7-6700/Asus, монитор S230HLBb/ippon Smart 6 Монитор 17" LG Flatron 1750 SQ SN LCD серебр.черный 7 МФУ Canon i-SENSYS MF4410 8 Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 9 Цветной лазерный принтер Kyocera FS-C5150DN 10 Компьютер 11 Источник бесперебойного питания APC Back-UPS BX650CI-RS 12 Источник бесперебойного питания APC Back-UPS BX650CI-RS 13 Источник бесперебойного питания APC Back-UPS BX650CI-RS 14 Ноутбук Aser Aspire

	15 Системный блок Доска, комплект учебной мебели
--	---

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Перечень рекомендуемой дополнительной литературы	Уточнен перечень рекомендуемой дополнительной литературы	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.