МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ:  Проректор по научной работе и международной деятельности *(наименование должности полностью)*  Е.Г. Пахомова  *(подпись, инициалы, фамилия)*  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

*(наименование дисциплины)*

научная специальность

1.3.8 Физика конденсированного состояния

форма обучения очная

Курск – 2023

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951, на основании учебного плана научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, одобренного Ученым советом университета, протокол №12 от «29» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе для обучения аспирантов по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния на заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики, протокол №1 от «31» августа 2023 г.

*(наименование кафедры, дата, номер протокола)*

Зав. кафедрой А.Е. Кузько

Разработчик программы к.ф.-м.н., доцент А.В. Кузько

*( ученая степень и ученое звание, Ф.И.О.)*

Согласовано:

Директор научной библиотеки В.Г. Макаровская

Заведующая сектором аспирантуры и докторантуры \_\_\_\_\_\_\_\_\_М.В. Калинина

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол №\_ «\_\_»\_\_\_\_\_\_20\_г. на заседании кафедры\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(наименование кафедры, дата, номер протокола)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол №\_ «\_\_»\_\_\_\_\_\_20\_г. на заседании кафедры\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(наименование кафедры, дата, номер протокола)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол №\_ «\_\_»\_\_\_\_\_\_20\_г. на заседании кафедры\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(наименование кафедры, дата, номер протокола)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**1. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП**

* 1. **Цель преподавания дисциплины** – формирование у аспирантов углубленных знаний в области классической и квантовой физики о свойствах конденсированного состояния вещества.
  2. **Задачи изучения дисциплины**

Основными задачами дисциплины является:

- получение знаний о термодинамике сложных систем, фазовых переходах, типах кристаллических решёток и их динамике, об элементах зонной теории твёрдых тел, об электрическом и магнитном упорядочении конденсированных сред, об основах физики низких темпера (сверхтекучести и сверхпроводимости);

- формирование представлений о проведении научных исследований в области физики конденсированного состояния, умения применять полученные знания при написании диссертации;

- овладение методами термодинамического, статистического и квантовомеханического расчета при изучения конденсированных сред, способностью приобретать и систематизировать новые знания.

1. **. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к основным дисциплинам раздела 2.1 образовательного компонента (2.1.4) учебного плана научной специальности 1.3.8, курс 4, семестр 8.

### **3. Содержание и объем дисциплины**

#### 3.1 Содержание дисциплины и лекционных занятий

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.), 216 часов.

## Таблица 3.1 – Объём дисциплины по видам учебных занятий

| Объём дисциплины | Всего,  часов |
| --- | --- |
| Общая трудоемкость дисциплины | 216 |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего) | 54 |
| в том числе: |  |
| лекции | 36 |
| лабораторные занятия | не предусмотрено |
| практические занятия | 18 |
| экзамен | 0 |
| зачет | не предусмотрено |
| Аудиторная работа (всего): | 54 |
| в том числе: |  |
| лекции | 36 |
| лабораторные занятия | не предусмотрено |
| практические занятия | 18 |
| Самостоятельная работа обучающихся (всего) | 162 |

Таблица 3.2 – Содержание дисциплины и ее методическое обеспечение

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Раздел, темы дисциплины | Виды деятельности | | | Учебно-методические материалы | Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации |
| № лек., час | № лаб., час | № пр., час |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Равновесие фаз и фазовые превращения | 1,  2 часа | 0 | 1,  2 часа | У-1,  У-5 | КО |
| 2 | Термодинамическое равновесие гетерогенных систем | 2,  2 часа | 0 |  | У-1,  У-5 | КО |
| 3 | Теория флуктуаций | 3,  2 часа | 0 |  | У-1 | КО |
| 4 | Основы термодинамики неравновесных процессов. Понятие о синергетике | 4,  2 часа | 0 | 2,  2 часа | У-1,  У-5  У-6 | КО |
| 5 | Поверхностные явления и термодинамика поверхности | 5,  2 часа | 0 | 3,  2 часа | У-4,  У-5 | КО |
| 6 | Основы гидродинамики идеальной жидкости | 6,  2 часа | 0 | 4,  2 часа | У-4  У-7 | КО |
| 7 | Теплопроводность и механизм переноса энергии | 7,  2 часа | 0 | 5,  2 часа | У-1,  У-5 | КО |
| 8 | Структурно-механические свойства и реологический метод исследования структуры конденсированного состояния вещества | 8,  2 часа | 0 |  | У-1,  У-4,  У-5 | КО  Защита модуля |
| 9 | Квантовые статистики Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна | 9,  2 часа | 0 |  | У-1 | КО |
| 10 | Диэлектрические свойства вещества | 10,  2 часа | 0 | 6,  2 часа | У-1 | КО |
| 11 | Термодинамика диэлектриков | 11,  2 часа | 0 |  | У-1,  У-5 | КО |
| 12 | Магнитные свойства вещества | 12,  2 часа | 0 | 7,  2 часа | У-2,  У-3,  У-4,  У-7 | КО |
| 13 | Термодинамика магнетиков | 13,  2  часа | 0 |  | У-2,  У-3,  У-4,  У-7 | КО |
| 14 | Кристаллическая решётка | 14,  2 часа | 0 | 8,  2 часа | У-1 | КО |
| 15 | Зонная теория твёрдых тел | 15,  4 часа | 0 | 9,  2 часа | У-1 | КО  Защита модуля |
| 16 | Сверхтекучесть | 16,  2 часа | 0 |  | У-1 | КО |
| 17 | Сверхпроводимость | 17,  2 часа | 0 |  | У-1 | КО |
| 18 | ИТОГО | 36 |  | 18 |  | Э |

Таблица 3.3 – Краткое содержание лекционного курса

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Содержание |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Равновесие фаз и фазовые превращения. | Фаза вещества.  Условия равновесия двухфазной системы одного вещества.  Фазовые переходы I рода. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Классификация фазовых переходов. Температурная зависимость давления насыщенного пара. Критическая точка.  Фазовые переходы II рода. Уравнения Эренфеста. Теория фазовых переходов II рода Ландау. |
| 2 | Термодинамическое учение о равновесии. | Равновесие в многофазных и многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Тройная точка. |
| 3 | Теория флуктуаций. | Понятие флуктуации. Флуктуации энергии системы в термостате. Полутермодинамическая теория флуктуаций. Критерий устойчивости системы по отношению к флуктуациям. Флуктуации термодинамических параметров в однородной системе. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов. Рассеяние света флуктуациями плотности. Формула Рэлея. Броуновское движение. Формула Эйнштейна–Смолуховского. |
| 4 | Основы термодинамики неравновесных процессов. Понятие о синергетике. | Основные положения термодинамики неравновесных систем. Понятие о локальном термодинамическом равновесии. Линейная связь потоков и сил. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Закон производства энтропии и условие стационарности состояния системы. Перекрёстные процессы. Термомеханический и механокалорический эффекты. Понятие о синергетике. |
| 5 | Поверхностные явления. | Некоторые особые свойства поверхности раздела фаз.  Поверхностное натяжение.  Основные термодинамические соотношения для поверхности.  Термодинамические процессы на поверхности.  Влияние поверхностных явлений на термодинамические свойства системы.  Условия фазового равновесия с учетом свойств поверхности раздела фаз.  Капиллярность. |
| 6 | Основы гидродинамики идеальной жидкости. | Уравнение непрерывности.  Уравнение Эйлера.  Уравнение Бернулли.  Движение идеальной несжимаемой жидкости.  Звуковые волны.  Ударные волны. |
| 7 | Теплопроводность и механизм переноса энергии. | Закон теплопроводности Фурье.  Зависимость теплопроводности газов и жидкостей от температуры и давления.  Теория теплопроводности разреженных газов.  Теория теплопроводности и жидкостей.  Теплопроводность твердых тел. |
| 8 | Структурно-механические свойства и реологический метод исследования структуры конден-сированного состояния вещества. | Основные понятия и идеальные законы реологии.  Идеально упругое тело Гука. Идеально вязкое тело Ньютона. Идеально пластическое тело Сен-Венана – Кулона.  Моделирование реологических свойств тел. Модель Максвелла. Модель Кельвина – Фойгта. Вязкопластическое тело Бингама.  Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем.  Факторы, определяющие прочность структур, и механизм структурообразования. |
| 9 | Квантовые статистики Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. | Распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Критерий вырождения газа. Электронный газ в металле. |
| 10 | Диэлектрические свойства вещества. | Неполярные диэлектрики и их поляризация в постоянном электрическом поле. Формула Клаузиуса–Мосотти.  Полярные диэлектрики и температурная зависимость их поляризуемости. Формула Дебая.  Сегнетоэлектрики.  Дисперсия электромагнитных волн. Показатель преломления плоской монохроматической электромагнитной волны в неполярном диэлектрике. Нормальная и аномальная дисперсия. |
| 11 | Термодинамика диэлектриков. | Основные термодинамические соотношения для диэлектриков.  Теплоемкости диэлектриков.  Термодинамические процессы в диэлектриках.  Пьезоэлектрический, электрострикционный, электрокалорический и пироэлектрический эффекты.  Термодинамика электрического конденсатора.  Цикл сегнетоэлектрического преобразователя энергии. |
| 12 | Магнитные свойства вещества. | Диамагнетики. Теорема Лармора. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм газа свободных электронов металла.  Классическая теория парамагнетизма. Закон Кюри.  Основы квантовой теории парамагнетизма.  Парамагнетизм электронного газа.  Адиабатное размагничивание парамагнитных тел как способ получения низких температур.  Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри–Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика.  Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения.  Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнитного состояния. |
| 13 | Термодинамика магнетиков. | Основные термодинамические соотношения для магнетиков.  Термодинамические процессы в магнетиках.  Магнитокалорический, магнетострикционный и магнитоупругий эффекты.  Адиабатическое размагничивание.  Магнитотепловой цикл. |
| 14 | Кристаллическая решётка | Межатомные и межмолекулярные взаимодействия. Геометрия кристаллической решетки.  Акустические и оптические колебания кристаллической решетки. Закон дисперсии. Нормальные колебания решетки.  Распределение числа нормальных колебаний кристаллической решётки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.  Характер тепловых колебаний кристаллической решетки. Распределение числа нормальных колебаний решетки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.  Теплоёмкость кристаллической решётки. Закон Дюлонга и Пти. Формула Дебая. |
| 15 | Зонная теория твёрдых тел | Расщепление энергетических уровней электронов атомов в кристалле и образование энергетических зон. Структура зоны.  Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. |
| 16 | Зонная теория твёрдых тел | Деление тел на диэлектрики, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории.  Классическая теория электропроводности и её затруднения.  Элементы квантовой теории электропроводности металлов. |
| 17 | Сверхтекучесть | Квантовая жидкость. Жидкий гелий и его основные свойства.  Электронные возбуждения квантовой жидкости. Закон дисперсии. Фононы и ротоны. Сверхтекучесть жидкого He II.  Двухжидкостная модель He II.  Жидкий 3He. |
| 18 | Сверхпроводимость | Явление сверхпроводимости. Основные свойства сверхпроводящего состояния вещества.  Электронный газ в металле в нормальном состоянии.  Основы теории сверхпроводимости металлов.  Электромагнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводники «лондоновского» и «пиппардовского» типа. Квантование магнитного потока.  Сверхпроводники 1-го и 2-го рода.  Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников. |

3.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

Таблица 3.4 –Практические занятия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование практического занятия | Объем, час. |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Равновесие фаз и фазовые переходы. | 2 |
| 2 | Основы термодинамики неравновесных процессов. Понятие о синергетике. | 2 |
| 3 | Поверхностные явления. | 2 |
| 4 | Основы гидродинамики идеальной жидкости. | 2 |
| 5 | Теплопроводность и механизм переноса энергии. | 2 |
| 6 | Диэлектрические свойства вещества. | 2 |
| 7 | Магнитные свойства вещества. | 2 |
| 8 | Кристаллическая решётка. | 2 |
| 9 | Зонная теория твёрдых тел. | 2 |
| Итого | | 18 |

**3.3 Самостоятельная работа аспирантов (СРС)**

Таблица 3.5 – Самостоятельная работа аспирантов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование раздела дисциплины | Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час. |
| 1 | 2 | 4 |
| 1 | Термодинамическое равновесие гетерогенных систем.  Теория флуктуаций.  Структурно-механические свойства и реологический метод исследования структуры конденсированного состояния вещества.  Квантовые статистики Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна.  *Защита* *модуля с задачами по вышеизложенным темам* | 17 |
| 2 | Термодинамика диэлектриков  Термодинамика магнетиков  Сверхтекучесть  Сверхпроводимость  *Защита* *модуля с задачами по вышеизложенным темам* | 17 |
| 3 | Подготовка к *экзамену.*  Вопросы для подготовки к экзамену см. в Приложении А. | 20 |
| Итого | | 54 |

#### 4. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

Аспиранты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

* библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;
* имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

* путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
* путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
* путем разработки:

– методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы аспирантов;

– заданий для самостоятельной работы;

– тем рефератов и докладов;

– вопросов к экзаменам и зачетам;

–методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

*типографией университета:*

– помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;

–удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

### 

### **5. Образовательные технологии**

Таблица 5.1 – Образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия) | Образовательные технологии | Объем, час. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Структурно-механические свойства и реологический метод исследования структуры конденсированного состояния вещества | лекция с элементами проблемного изложения | 1 |
| 2 | Термодинамика диэлектриков | лекция с элементами проблемного изложения | 2 |
| 3 | Термодинамика магнетиков | лекция с элементами проблемного изложения | 2 |
| Итого: | | | 5 |

**Методические материалы:**

- Список методических указаний, используемых в образовательном процессе, представлен в п. 8.2.

- Оценочные средства представлены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

**6. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

**1. Задачи для практический занятий**

Задача 1. Вычислить удельные теплоемкости сv и сp смеси неона и водорода, принимая эти газы за идеальные. Массовые доли газов соответственно равны ω1=0,8 и ω2=0,2.

Задача 2. Найти изменение ΔS энтропии при нагревании воды массой m=100 г от температуры t1=0°C до температуры t2=100 °С и последующем превращении воды в пар той же температуры.

Задача 3. Определить изменение ΔS энтропии при изотермическом расширении кислорода массой m=10 г от объема V1=25 л до объема V2=100 л.

**2. Опрос в тестовой форме**

Номер вопроса: 1

Молярная теплоёмкость кристалла при НИЗКИХ температурах

Варианты ответа:

Правильный: Изменяется как куб температуры.

Вариант 2: Не зависит от температуры и равна 3R.

Вариант 3: Пропорциональна температуре.

Вариант 4: Изменяется как квадрат температуры.

Номер вопроса: 2

Сопротивление кристаллических проводников определяется

Варианты ответа:

Правильный: Рассеянием электронов на неоднородностях кристаллической решётки

Вариант 2: Рассеянием электронов на узлах кристаллической решётки

Вариант 3: Взаимодействием с дырками валентной зоны

Номер вопроса: 3

Число атомов, приходящееся на элементарную объёмоцентрированную ячейку кристалла, равно

Варианты ответа:

Правильный: Два

Вариант 2: Один

Вариант 3: Восемь

Вариант 4: Девять

Номер вопроса: 4

Фононы являются

Варианты ответа:

Правильный: Бозонами

Вариант 2: Фермионами

Вариант 3: Барионами

Вариант 4: Низкочастотными фотонами

Номер вопроса: 5

Молярная теплоёмкость кристалла при ВЫСОКИХ температурах

Варианты ответа:

Правильный: Не зависит от температуры и равна 3R

Вариант 2: Пропорциональна температуре

Вариант 3: Изменяется как квадрат температуры

Вариант 4: Изменяется как куб температуры

Номер вопроса: 6

Интенсивность излучения с нагретой поверхности

Варианты ответа:

Правильный: Пропорциональна T4

Вариант 2: Не зависит от температуры

Вариант 3: Пропорциональна температуре

Вариант 4: Пропорциональна T3

Номер вопроса: 7

Фононы подобны фотонам, так как у них одинаковы (отметьте что):

Варианты ответа:

Правильный: Статистика заполнения разрешённых состояний

Вариант 2: Степень вырождения (количество возможных поляризаций).

Вариант 3: Максимальная частота.

Вариант 4: Скорость.

Номер вопроса: 8

При вынужденном излучении у излучённого фотона и вынуждающего (налетающего) фотона совпадают:

Варианты ответа:

Правильный: Всё вышеперечисленное

Вариант 2: Только частота и фаза

Вариант 3: Только поляризация

Вариант 4: Только направление распространения

Номер вопроса: 9

Какой температуры НЕ бывает в пирометрии:

Варианты ответа:

Правильный: Фазовой

Вариант 2: Яркостной

Вариант 3: Цветовой

Вариант 4: Радиационной

Вариант 5: Термодинамической

Номер вопроса: 10

Сопротивление примесного полупроводника n-типа при T=0 K

Варианты ответа:

Правильный: Равно бесконечности

Вариант 2: Равно нулю

Вариант 3: Зависит от концентрации примеси

Вариант 4: Зависит от положения уровня Ферми

Номер вопроса: 11

Электронная теплоёмкость металлов при низких температурах

Варианты ответа:

Правильный: Пропорциональна T

Вариант 2: Пропорциональна T2

Вариант 3: Пропорциональна T3

Вариант 4: Постоянна и не зависит от температуры

Номер вопроса: 12

Электронная теплоёмкость металлов при комнатной температуре

Варианты ответа:

Правильный: Много меньше теплоёмкости решётки

Вариант 2: Равна половине теплоёмкости решётки

Вариант 3: Равна теплоёмкости решётки согласно закону Делонга–Пти

Вариант 4: Пропорциональна T3

Номер вопроса: 13

Где расположена энергия Ферми у собственных полупроводников

Варианты ответа:

Правильный: Вблизи середины запрещённой зоны

Вариант 2: Вблизи валентной зоны

Вариант 3: Вблизи зоны проводимости

Вариант 4: Вблизи примесного уровня

Номер вопроса: 14

Полупроводники

Правильный: При нормальных температурах проводят электрический ток, а при низких являются изоляторами

Вариант 2: Выталкивают из себя магнитное поле при низких температурах

Вариант 3: Проводят ток только в одном направлении

Вариант 4: При нормальных температурах являются изоляторами

Номер вопроса: 15

С увеличение температуры сопротивление полупроводников

Варианты ответа:

Правильный: Уменьшается

Вариант 2: Увеличивается

Вариант 3: Не изменяется

Вариант 4: Зависит от типа полупроводника

Номер вопроса: 16

В сверхпроводниках типа свинца электроны связываются в куперовские пары

Варианты ответа:

Правильный: Посредством обмена виртуальными фононами

Вариант 2: Посредством обмена виртуальными фотонами

Вариант 3: За счёт магнитного взаимодействия электронных спинов

Вариант 4: Посредством обмена парой экситонов

Номер вопроса: 17

Какое из нижеприведённых утверждений является ЛОЖНЫМ:

Варианты ответа:

Правильный: Аномальные магнитные свойства сверхпроводника 2-го рода можно качественно объяснить, если принять, что его поверхностная энергия положительна.

Вариант 2: В присутствии магнитного поля сверхпроводник ведёт себя как идеальный диамагнетик

Вариант 3: Существует критическое магнитное поле, разрушающее сверхпроводимость

Вариант 4: В случае сверхпроводника 2-го рода магнитное поле проникает в образец в виде отдельных нитей, окружённых линиями тока.

Вариант 5: Существует критический ток, разрушающий сверхпроводимость

Номер вопроса: 18

Удельная проводимость металлов описывается формулой σ = enu, где u – подвижность электронов. Что в данном случае n?

Варианты ответа:

Правильный: Полная концентрация электронов в металле: n = n0

Вариант 2: Концентрация неспаренных электронов вблизи поверхности Ферми: n = =(3kT/µ)\*n0, где µ - энергия Ферми

Вариант 3: Концентрация электронов в зоне проводимости.

Номер вопроса: 19

Проводимость полупроводников

Варианты ответа:

Правильный: существенно зависит от наличия примесей

Вариант 2: не зависит от наличия примесей

Вариант 3: определяется только концентрацией электронов

Вариант 4: определяется только концентрацией дырок

Номер вопроса: 20

Ячейка Вигнера-Зейца для обратной решетки - это

Варианты ответа:

Правильный: первая зона Бриллюэна

Вариант 2: нулевая зона Бриллюэна

Вариант 3: концентрациея электронов

Вариант 4: структура зон Бриллюэна

Итоговая форма контроля знаний – кандидатский экзамен по специальности (8 семестр). Список вопросов к экзамену и форма экзаменационного билета приведены в приложениях А, Б.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**7.1 Основная и дополнительная учебная литература**

***а) основная литература:***

1. Физика конденсированного состояния [Текст]: учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 293 с.

2. Микрозондирование доменной границей сверхзвуковых процессов перемагничивания в слабых ферромагнетиках (Часть 1) [Текст]: монография / Кузьменко А.П.; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: Университетская книга, 2013. – 194 с.

3. Микрозондирование доменной границей сверхзвуковых процессов перемагничивания в слабых ферромагнетиках (Часть 2) [Текст]: монография / Кузьменко А.П.; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск: Университетская книга, 2013. – 179 с.

4. Начала механики дисперсных магнитных сред [Текст]: учебное пособие / В.М. Полунин [и др.]; ред. В.М. Полунин; ФГБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет». - Курск: ЮЗГУ, 2014. - 134 с.

5. Дефрагментация, термокапиллярное извлечение и агломерация ультрадисперсных включений в минеральном и техногенном сырье при лазерной обработке [Текст]: монография / Кузьменко А.П., Леоненко Н.А., Храпов И.В.; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск: Университетская книга, 2014. – 136 с.

6. Лебедев-Степанов, П.В. Введение в самосборку ансамблей наночастиц [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.В. Лебедев-Степанов. - М.: МИФИ, 2012. - 184 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231827>

7. Куликовский, А. Г. Магнитная гидродинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Куликовский, Г.А. Любимов. - 3-е изд. - М.: Логос, 2011. - 324 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru>

***б) дополнительная литература:***

1. Беллюстин С. В. Классическая электронная теория [Текст]. – М.: Высшая школа, 1971. – 352 с. 2. Винтайкин Б. Е. Физика твёрдого тела [Текст]: учебное пособие для вузов. – СПб: Лань, 2008. – 369 с.

3. Гинзбург И. Ф. Введение в физику твёрдого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела [Текст]: учебное пособие. – СПб: Лань, 2007. – 544 с.

4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела [Текст]. – М.: Наука, 1978. – 791 с.

5. Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела [Текст]. – М.: Наука, 1965. – 366 с.

6. Левич В. Г. Введение в статистическую физику [Текст]. – М.: Гостеориздат, 1954. – 528 с.

7. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела [Текст]: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000. – 494 с.

8. Свирский М. С. Электронная теория вещества [Текст]. – М.: Просвещение, 1980. – 288 с.

9. Физика твердого тела [Текст]: учебник для вузов / под ред. И. К. Верещагина/. – М.: Высшая школа. – 2001. – 237 с.

10. Физика микромира. Маленькая энциклопедия [Текст] / гл. ред. Широков Д. В. – М.: Советская энциклопедия. – 1980. – 528 с.

11. Физический энциклопедический словарь [Текст] / гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.

12. Ципенюк Ю. М. Физические основы сверхпроводимости [Текст]: учебное пособие. – СПб: Лань, 2003. – 160 с.

13. Микрюков В. Е. Термодинамика [Текст]. – М.: Высшая школа, 1960. – 236 с.

14. Сычев В. В. Сложные термодинамические системы [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 207 с.

15. Геринг Г. И. Физика конденсированного состояния вещества [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.И. Геринг, Т.В. Панова. - Омск: Омский государственный университет, 2008. - 106 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru>

**7.2 Перечень методических указаний**

В разработке.

**7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

1. http://school-collection.edu.ru/ - федеральное хранилище Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов

2. http://www.edu.ru/ - федеральный портал Российское образование

3. http://www.igumo.ru/ - интернет-портал Института гуманитарного образования и

информационных технологий

4. www.edu.ru– сайт Министерства образования РФ

5. http://elibrary.ru/defaultx.asp - научная электронная библиотека «Elibrary»

6. http://www.eduhmao.ru/info/1/4382/ - информационно-просветительский портал

«Электронные журналы»

7. www.gumer.info– библиотека Гумер

8. www.koob.ru– электронная библиотека Куб

9. www.diss.rsl.ru – электронная библиотека диссертаций

10. http://fictionbook.ru – электронная библиотека;

11. http://hum.offlink.ru - "РОССИЙСКОЕ ГУМАНИСТИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО"

12. http://institut.smysl.ru – Институт экзистенциальной психологии и жизнетворчества;

13. http://svitk.ru – электронная библиотека

14. http://anthropology.ru – электронный журнал «Философская антропология»

15. http://i-text.narod.ru – библиотека философии психоанализа

16. http://www.iqlib.ru – электронная библиотека образовательных и просветительных

изданий

17. http://www.integro.ru - Центр Системных Исследований «Интегро»

18. http://biblioteka.org.ua – электронная библиотека

19. <http://www.lib.msu.su/index.html> - Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

20. <http://www.rsl.ru/> - [Российская Государственная Библиотека](http://www.rsl.ru/#_blank)

21. <http://www.filosof.historic.ru/> - Цифровая библиотека по философии

**7.4 Перечень информационных технологий**

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций.

Консультирование посредством электронной почты.

Использование слайд-презентаций при проведении научно-практических занятий.

**7.5 Другие учебно-методические материалы**

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

2. www.edu.ru - федеральный портал «Российское образование»

3. www.elibrary.ru/defaultx.asp - научная электронная библиотека.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В учебном процессе по дисциплине «Физика конденсированного состояния» задействованы аудитории, предназначенные для проведения лекций и практических занятий.

Предполагается использовать видеопроектор и ноутбук для показа презентаций и учебных фильмов.

**9. Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу**

**Приложение А**

**Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Фаза вещества.
2. Условия равновесия двухфазной системы одного вещества.
3. Фазовые переходы I рода. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.
4. Классификация фазовых переходов.
5. Температурная зависимость давления насыщенного пара. Критическая точка.
6. Фазовые переходы II рода. Уравнения Эренфеста.
7. Теория фазовых переходов II рода Ландау
8. Равновесие в многофазных и многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Тройная точка.
9. Понятие флуктуации. Флуктуации энергии системы в термостате.
10. Полутермодинамическая теория флуктуаций.
11. Критерий устойчивости системы по отношению к флуктуациям.
12. Флуктуации термодинамических параметров в однородной системе.
13. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов.
14. Рассеяние света флуктуациями плотности. Формула Рэлея.
15. Броуновское движение. Формула Эйнштейна-Смолуховского.
16. Основные положения термодинамики неравновесных систем. Понятие о локальном термодинамическом равновесии. Линейная связь потоков и сил. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Закон производства энтропии и условие стационарности состояния системы. Перекрёстные процессы. Термомеханический и механокалорический эффекты. Понятие о синергетике.
17. Некоторые особые свойства поверхности раздела фаз.
18. Поверхностное натяжение
19. Основные термодинамические соотношения для поверхности
20. Термодинамические процессы на поверхности
21. Влияние поверхностных явлений на термодинамические свойства системы
22. Условия фазового равновесия с учетом свойств поверхности раздела фаз
23. Капиллярность
24. Уравнение непрерывности.
25. Уравнение Эйлера.
26. Уравнение Бернулли.
27. Движение идеальной несжимаемой жидкости.
28. Звуковые волны.
29. Ударные волны.
30. Закон теплопроводности Фурье
31. Зависимость теплопроводности газов и жидкостей от температуры и давления
32. Теория теплопроводности разреженных газов
33. Теория теплопроводности и жидкостей
34. Теплопроводность твердых тел
35. Основные понятия и идеальные законы реологии
36. Идеально упругое тело Гука. Идеально вязкое тело Ньютона. Идеально пластическое тело Сен-Венана–Кулона.
37. Моделирование реологических свойств тел. Модель Максвелла. Модель Кельвина–Фойгта. Вязкопластическое тело Бингама.
38. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем.
39. Факторы, определяющие прочность структур, и механизм структурообразования
40. Распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Критерий вырождения газа. Электронный газ в металле.
41. Неполярные диэлектрики и их поляризация в постоянном электрическом поле. Формула Клаузиуса–Мосотти.
42. Полярные диэлектрики и температурная зависимость их поляризуемости. Формула Дебая.
43. Сегнетоэлектрики.
44. Дисперсия электромагнитных волн. Показатель преломления плоской монохроматической электромагнитной волны в неполярном диэлектрике. Нормальная и аномальная дисперсия.
45. Основные термодинамические соотношения для диэлектриков
46. Теплоемкости диэлектриков
47. Термодинамические процессы в диэлектриках
48. Пьезоэлектрический, электрострикционный, электрокалорический и пироэлектрический эффекты
49. Термодинамика электрического конденсатора
50. Цикл сегнетоэлектрического преобразователя энергии
51. Диамагнетики. Теорема Лармора. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм газа свободных электронов металла.
52. Классическая теория парамагнетизма. Закон Кюри.
53. Основы квантовой теории парамагнетизма.
54. Парамагнетизм электронного газа.
55. Адиабатное размагничивание парамагнитных тел как способ получения низких температур.
56. Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри–Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика.
57. Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения.
58. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнитного состояния.
59. Основные термодинамические соотношения для магнетиков
60. Термодинамические процессы в магнетиках
61. Магнитокалорический, магнитострикционный и магнитоупругий эффекты
62. Адиабатическое размагничивание
63. Магнитотепловой цикл
64. Межатомные и межмолекулярные взаимодействия.
65. Геометрия кристаллической решетки.
66. Акустические и оптические колебания кристаллической решетки. Закон дисперсии. Нормальные колебания решетки.
67. Распределение числа нормальных колебаний кристаллической решётки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.
68. Характер тепловых колебаний кристаллической решетки. Распределение числа нормальных колебаний решетки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.
69. Теплоёмкость кристаллической решётки. Закон Дюлонга и Пти. Формула Дебая.
70. Расщепление энергетических уровней электронов атомов в кристалле и образование энергетических зон. Структура зоны.
71. Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона.
72. Деление тел на диэлектрики, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории.
73. Классическая теория электропроводности и её затруднения.
74. Элементы квантовой теории электропроводности металлов
75. Квантовая жидкость. Жидкий гелий и его основные свойства.
76. Электронные возбуждения квантовой жидкости. Закон дисперсии. Фотоны и ротоны. Сверхтекучесть жидкого He II.
77. Двухжидкостная модель He II.
78. Жидкий 3He.
79. Явление сверхпроводимости. Основные свойства сверхпроводящего состояния вещества.
80. Электронный газ в металле в нормальном состоянии.
81. Основы теории сверхпроводимости металлов.
82. Электромагнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводники «лондоновского» и «пиппардовского» типа. Квантование магнитного потока.
83. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода.
84. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников.

# Приложение Б Форма экзаменационного билета

Юго-Западный государственный университет

Факультет ЕНФ Утверждено на заседании кафедры

Научная специальность 1.3.8 НС

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_г. (протокол №\_\_)

Курс 4

Дисциплина Физика Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

конденсированного состояния

Экзаменационный билет № \_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Условия равновесия двухфазной системы одного вещества имеют вид: | | | | | | | | | |
| *Т1 = Т2, p1 = p2, μ1 = μ2* | | *Т1 = Т2, p1 = p2, V1 = V2* | | | | *V1 = V2, p1 = p2, μ1 = μ2* | | *Т1 = Т2, μ1 = μ2, V1 = V2* | |
| 1. Относительная флуктуация аддитивной величины пропорцианальна: | | | | | | | | | |
|  | | *N* | | | |  | |  | |
| 1. Среднеквадратичное смещение броуновской частицы вдоль любого пространственного   направления пропорционально: | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | *t2* | |  | |
| 1. Если неравновесная система находится в стационарных внешних условиях, препятствующих установлению термодинамического равновесия, то скорость производства энтропии: | | | | | | | | | |
| Положительна и минимальна | | Отрицательна и максимальна по модулю | | | | Равна нулю | | Всегда только отрицательна | |
| 1. В идеальной жидкости могут распространяться волны: | | | | | | | | | |
| Продольные и поверхностные | | Продольные, поперечные и поверхностные | | | | Поперечные и поверхностные | | Продольные и поперечные | |
| 1. Закон теплопроводности Фурье имеет вид: | | | | | | | | | |
| = – χ·*gradT* | |  | | | |  | | = – χ·*div* | |
| 1. Распределение Ферми–Дирака определяет: | | | | | | | | | |
| Среднее число одинаковых фермионов идеального газа, имеющих одну и ту же энергию | | Полное число одинаковых фермионов идеального газа в зависимости от энергии Ферми | | | | Среднюю энергию идеального ферми-газа как функцию его температуры | | Относительное число фермионов с энергиями, большими энергии Ферми | |
| 1. Теплоёмкость газа свободных электронов металла: | | | | | | | | | |
| Пропорцианальна температуре | | Не зависит от  температуры | | | | Пропорцианальна  кубу температуры | | Равна 3R в расчёте на 1 моль | |
| 1. Если диэлектрическая проницаемость вещества зависит от температуры, то это: | | | | | | | | | |
| Полярный диэлектрик | | | Проводник | | Неполярный диэлектрик | | | | Полупроводник |
| 1. Магнитная восприимчивость диамагнетика: | | | | | | | | | |
| Отрицательна и не зависит от  температуры | | Обратно пропорцианальна температуре  (закон Кюри) | | | | Определяется ларморовской частотой прецессии плоскости электронной орбиты | | Пропорцианальна напряжённости намагничивающего поля | |
| 1. Обменный интеграл для железа, кобальта и никеля: | | | | | | | | | |
| Положителен | Отрицателен | | | Равен нулю | | | Знак интеграла зависит от напряжённости внешнего магнитного поля | | |
| 1. Фонон это: | | | | | | | | | |
| Квант энергии нормального  колебания решётки | | Низкочастотный фотон | | | | Связанная система «электрон–дырка» | | Квазичастица  с полуцелым спином | |
| 1. Теплоёмкость кристаллической решётки при низких температурах | | | | | | | | | |
| Пропорцианальна *Т 3* | | Не зависит от температуры | | | | Пропорцианальна *Т* | | Равна теплоёмкости электронного газа | |
| 1. Какое максимальное число электронов может вместить *2р*-зона кристалла, состоящего из *N* атомов? | | | | | | | | | |
| *6N* | | *N* | | | |  | | *N* | |
| 1. Температура перехода металла в сверхпроводящее состояние *Тк* и массовое число изотопа *М* данного химического элемента связаны соотношением: | | | | | | | | | |
| *Тк· = const* | *Тк·М = const* | | | · = *const* | | |  | | |
| 1. Переход от жидкого кислорода к газообразному (неполярный диэлектрик) сопровождается уменьшением его плотности в раз. Диэлектрическая проницаемость жидкого кислорода . Вычислить диэлектрическую проницаемость газообразного кислорода. | | | | | | | | | |
| Ответ: | | | | | | | | | |

Экзаменатор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Кузько