

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 6 от «6» июня 2018 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Балапанов М.Х.

  
\_\_\_\_\_/Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Введение в физику конденсированных сред**

*(наименование дисциплины)*

\_\_\_\_\_ ФТД.03. факультатив \_\_\_\_\_

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)


**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки

**Физика конденсированного состояния вещества**

Квалификация

бакалавр

|  |   |
|--|---|
| <p>Разработчик (составитель)<br/>д. физ.-мат. наук, профессор<br/>(должность, ученая степень, ученое звание)</p> | <p> /<u>Якшибаев Р.А.</u><br/>(подпись, Фамилия И.О.)</p> |
|--|---|

Год приема: 2018

г.Уфа 2018 г.

Составитель / составители: д.ф.-м.н., профессор Якшибаев Р.А.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей физики протокол от «6» июня 2018 г. № 6

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры общей физики, протокол №      от «      »      201 г

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры общей физики, протокол №      от «    »      201 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/

## Список документов и материалов

|      |   |            |
|------|---|------------|
| 1.   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ( <i>с ориентацией на карты компетенций</i> )   | 4          |
| 2.   | Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы   | 5          |
| 3.   | Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)  | 5 (20)     |
| 4.   | Фонд оценочных средств по дисциплине  | 6          |
| 4.1. | Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания  | 6<br>9     |
| 4.2. | Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций |            |
| 4.3  | Рейтинг-план дисциплины   | 10<br>(22) |
| 5.   | Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины   | 13         |
| 5.1. | Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины  | 16         |
| 5.2. | Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины  | 17         |
| 6.   | Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине   | 17         |

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

При изучении дисциплины «Введение в физику конденсированных сред» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОК-7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК-3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

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

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

| Результаты обучения |   | Формируемая компетенция<br>(с указанием кода) |
|---------------------|---|---|
| Знания              | <b>Знать</b> основные понятия и положения ФКС:<br>1. Физика конденсированных сред как предмет науки. Основные разделы, основные задачи и проблемы ФКС. Классификация твердых тел. Классическая электронная теория металлов. Квантовомеханическая теория электронного газа.  | ОК-7, ПК-1                                    |
|                     | 2 Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.  | ОПК-3<br>ПК-1                                 |
|                     | 3. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.   | ОПК-3<br>ПК-1                                 |
|                     | 4. Теорема Блоха. Электроны в периодическом потенциале. Случай слабой связи. Случай сильной связи. Зонная структура отдельных металлов.   | ОПК-3<br>ПК-1                                 |
|                     | 5. Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки.<br>Акустическая и оптическая ветви колебаний.<br>Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна.<br>Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом.<br>Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение. Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности | ОПК-3<br>ПК-1                                 |
| Умения              | <b>Уметь:</b><br>1. Читать и понимать научную литературу в области  | ОК-7<br>ОПК-3                                 |

|                   |  |               |
|-------------------|--|---------------|
|                   | предстоящей профессиональной деятельности.   | ПК-1          |
|                   | 2. Объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их пространственной и дефектной структуры, устанавливать связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой. | ОПК-3<br>ПК-1 |
|                   | 3. Уметь модифицировать свойства твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и путем контролируемого внесения дефектов кристаллического строения.   | ОПК-3<br>ПК-1 |
|                   | 4. Быть в курсе основных трендов научных исследований в области физики твердого тела   | ОК-7<br>ПК-1  |
| Владения (навыки) | 1. Владеть навыками решения стандартных задач по физике твердого тела  | ОПК-3<br>ПК-1 |
|                   | 2. Иметь навыки работы с научной и специальной литературой   | ОК-7<br>ПК-1  |

## 2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Введение в физику конденсированных сред» входит в раздел «Б1.В.1.03. Введение в физику конденсированных сред» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика»

Дисциплина изучается на *3 курсе* в *6 семестре*.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Механика, Молекулярная физика и термодинамика, Электричество и магнетизм, Оптика, Атомная физика, Кристаллография, Физика реальных кристаллов, Квантовая теория, Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Аналитическая геометрия, Векторный и тензорный анализ.

Освоение данного раздела необходимо для дальнейшего изучения курсов по профилю «Физика конденсированного состояния вещества», таких как «Физика металлов и сплавов», «Физика полупроводников и диэлектриков», «Ядерная физика твердого тела», «Компьютерные методы в физике конденсированного состояния», «Теория магнетизма», «Введение в магнетизм и магнитные материалы» и для освоения магистерских курсов и написания бакалаврской и магистерской диссертации.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

**ОК-7** - способность к самоорганизации и самообразованию

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |                        |
|-------------------------------------|--|--|---|--|------------------------|
|                                     |  | 2 «Не удовлетворительно»   | 3 «Удовлетворительно»   | 4 «Хорошо»   | 5 «Отлично»            |
| Первый этап (уровень)               | Знать:<br>Физика конденсированных сред как предмет науки. Основные разделы, основные задачи и проблемы ФКС.  | Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки | Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах | Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах | Знает все              |
| Второй этап (уровень)               | 1. Читать и понимать научную литературу в области предстоящей профессиональной деятельности.<br>2. Быть в курсе основных трендов научных исследований в области физики твердого тела | Не умеет   | Умеет, но допускает значительные ошибки                                       | Умеет, допускает незначительные ошибки                     | Умеет в совершенстве   |
| Третий этап (уровень)               | Иметь навыки работы с научной и специальной литературой  | Практически не владеет   | Владеет слабо, допускает значительные ошибки                                  | Владеет, допускает незначительные ошибки                   | Владеет в совершенстве |

**ОПК-3** - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

| Этап<br>(уровень)<br>освоения<br>компетенции | Планируемые результаты обучения<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |                        |
|--|--|--|---|--|------------------------|
|  |  | 2<br>«Не удовлетворительно»  | 3<br>«Удовлетворительно»  | 4<br>«Хорошо»  | 5<br>«Отлично»         |
| Первый этап<br>(уровень)                     | <p>Знать основные понятия и положения ФКС::</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.</li> <li>2. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.</li> <li>3. Теорема Блоха. Электроны в периодическом потенциале. Случай слабой связи. Случай сильной связи. Зонная структура отдельных металлов.</li> <li>4. Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки. Акустическая и оптическая ветви колебаний.</li> </ol> <p>Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна.</p> <p>Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом.</p> <p>Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение.</p> <p>Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности</p> | Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки | Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах | Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах | Знает всё              |
| Второй этап<br>(уровень)                     | <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Читать и понимать научную литературу в области предстоящей профессиональной деятельности.</li> <li>2. Объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их пространственной и дефектной структуры, устанавливать связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой.</li> <li>3. Уметь модифицировать свойства твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и путем контролируемого внесения дефектов кристаллического строения.</li> </ol>   | Не умеет   | Умеет, но допускает значительные ошибки                                       | Умеет, допускает незначительные ошибки                     | Умеет в совершенстве   |
| Третий этап<br>(уровень)                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Владеть навыками решения стандартных задач по физике твердого тела</li> </ol>  | Практически не владеет   | Владеет слабо, допускает значительные ошибки                                  | Владеет, допускает незначительные ошибки                   | Владеет в совершенстве |

Код и формулировка компетенции

**ПК-1:** способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

| Этап<br>(уровень)<br>освоения<br>компетенции | Планируемые результаты обучения<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |                        |
|--|--|--|---|--|------------------------|
|  |  | 2<br>«Не<br>удовлетворительно»   | 3<br>«Удовлетворительно»  | 4<br>«Хорошо»  | 5<br>«Отлично»         |
| Первый этап<br>(уровень)                     | Знать основные понятия и положения ФКС:<br>1. Физика конденсированных сред как предмет науки. Основные разделы, основные задачи и проблемы ФКС. Классификация твердых тел. Классическая электронная теория металлов. Квантовомеханическая теория электронного газа.<br>2. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.<br>3. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.<br>4. Теорема Блоха. Электроны в периодическом потенциале. Случай слабой связи. Случай сильной связи. Зонная структура отдельных металлов.<br>5. Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна.<br>Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом.<br>Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение.<br>Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности | Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки | Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах | Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах | Знает всё              |
| Второй этап<br>(уровень)                     | 1. Читать и понимать научную литературу в области предстоящей профессиональной деятельности.<br>2. Объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их пространственной и дефектной структуры, устанавливать связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой.<br>3. Уметь модифицировать свойства твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и путем контролируемого внесения дефектов кристаллического строения.<br>4. Быть в курсе основных трендов исследований в области физики твердого тела   | Не умеет   | Умеет, но допускает значительные ошибки                                       | Умеет, допускает незначительные ошибки                     | Умеет в совершенстве   |
| Третий этап<br>(уровень)                     | 1. Владеть навыками решения стандартных задач по физике твердого тела<br>2. Иметь навыки работы с научной и специальной литературой  | Практически не владеет   | Владеет слабо, допускает значительные ошибки                                  | Владеет, допускает незначительные ошибки                   | Владеет в совершенстве |



Критериями оценивания освоения компетенций являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

| Этапы освоения     | Результаты обучения   | Компетенция           | Оценочные средства                                       |
|--------------------|---|-----------------------|--|
| 1-й этап<br>Знания | <b>Знать</b> основные понятия и положения ФКС:<br>1. Физика конденсированных сред как предмет науки. Основные разделы, основные задачи и проблемы ФКС. Классификация твердых тел. Классическая электронная теория металлов. Квантовомеханическая теория электронного газа.  | ОК-7, ПК-1            | Устный опрос<br>Письменная работа<br>Лабораторная работа |
|                    | 2. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.   | ОПК-3<br>ПК-1         | Устный опрос<br>Письменная работа<br>Лабораторная работа |
|                    | 3. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.   | ОПК-3<br>ПК-1         | Устный опрос<br>Письменная работа                        |
|                    | 4. Теорема Блоха. Электроны в периодическом потенциале. Случай слабой связи. Случай сильной связи. Зонная структура отдельных металлов.   | ОПК-3<br>ПК-1         | Устный опрос<br>Письменная работа                        |
|                    | 5. Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна. Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом. Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение. Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности | ОПК-3<br>ПК-1         | Устный опрос<br>Письменная работа                        |
| 2-й этап<br>Умения | <b>Уметь:</b><br>1. Читать и понимать научную литературу в области предстоящей профессиональной деятельности.   | ОК-7<br>ОПК-3<br>ПК-1 | Устный опрос<br>Реферат                                  |

|                  |  |               |  |
|------------------|--|---------------|--|
|                  | 2. Объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их пространственной и дефектной структуры, устанавливать связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой. | ОПК-3<br>ПК-1 | Письменная работа<br>Лабораторная работа |
|                  | 3. Уметь модифицировать свойства твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и путем контролируемого внесения дефектов кристаллического строения.   | ОПК-3<br>ПК-1 | Реферат                                  |
|                  | 4. Быть в курсе основных трендов научных исследований в области физики твердого тела   | ОК-7<br>ПК-1  | Устный опрос<br>Реферат                  |
| 3-й этап         | 1. Владеть навыками решения стандартных задач по физике твердого тела  | ОПК-3<br>ПК-1 | Письменная работа                        |
| Владеть навыками | 2. Иметь навыки работы с научной и специальной литературой   | ОК-7<br>ПК-1  | Реферат<br>Лабораторная работа           |

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра. Оценочные средства с указанием начисляемых баллов по ним приведены в рейтинг-плане дисциплины (Приложение №2).

Перевод оценки из 100-балльной шкалы модульно-рейтинговой системы в оценку зачета производится следующим образом:

- зачтено – от 60 до 110 баллов;
- не зачтено – менее 60 баллов.

#### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении № 2.

#### Вопросы для текущего и рубежного контроля

1. Физическое материаловедение как предмет науки. Основные задачи и проблемы материаловедения. Классификация твердых тел.
2. Металлы, полупроводники и диэлектрические материалы.
3. Проблемы металлического состояния. Классическая теория свободного электронного газа в металлах Друде-Лоренца.
4. Законы Ома, Видемана и Франца и Джоуля-Ленца. Недостатки теории Друде-Лоренца.
5. Квантовомеханическая теория электронного газа. Статистика Ферми-Дирака.
6. Химпотенциал. Температурная зависимость химического потенциала.

7. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули.
8. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.
9. Кинетические уравнения Больцмана.
10. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.
11. Теория Блоха. Электроны в периодическом потенциале.
12. Случай слабой связи.
13. Случай сильной связи.
14. Зонная теория твердых тел. Зонная структура металлов.
15. Полупроводников и диэлектриков.
16. Поверхность Ферми. Топология поверхности Ферми.
17. Зонная структура отдельных металлов. Одновалентные металлы.
18. Зонная структура двухвалентных металлов, переходных и редкоземельных металлов.
19. Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки.
20. Колебания цепочки одинаковых атомов.
21. Колебания цепочки из двух сортов атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Недостатки линейной модели.
22. Фононы. Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна.
23. Экспериментальные методы определения фононного спектра.
24. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом.
25. Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение.
26. Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности.

### **Устный опрос студентов**

Устный опрос студентов является средством текущего контроля знаний и проводится во время аудиторных занятий. Темы устного опроса перечислены выше. Задаваемые вопросы охватывают как материал текущего занятия, так и ранее пройденный материал. Рейтинг-планом предусмотрено 8 устных опросов каждого студента в семестре.

#### **Критерии оценивания ответа при устном опросе.**

- **4 балла** выставляется студенту, если дан полный и точный ответ на поставленный вопрос;

- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе студентом допущена несущественная ошибка или в ответе упущены некоторые детали. Логика ответа может быть безупречной.

- **2 балла** выставляется студенту, если ответ содержит только половину требуемой информации или в нем допущена существенная ошибка в формулировках. Ответ может свидетельствовать о неполном понимании проблемы или содержать логическую ошибку.

- **1 балл** выставляется студенту, если ответ свидетельствует о крайне неполном знании основных понятий, отсутствии способности устанавливать причинно-

следственные связи.

- **0 баллов** выставляется студенту, если студент не знает основных положений теории изучаемого явления или отказывается от ответа.

### **Темы лабораторных работ**

- Изучение температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников
- Изучение кривой намагничивания и петли гистерезиса магнитомягких материалов
- Изучение температурной зависимости коэффициента термо-э.д.с. и определение положения уровня Ферми в металлах и полупроводниках
- Изучение магнитных свойств ферромагнетиков на вибрационном магнитометре.
- Изучение кривой намагничивания ферромагнетиков баллистическим методом.
- Изучение эффекта Холла в полупроводниках.

### **Требования и критерии оценивания по выполнению лабораторных работ**

- 1 балл выставляется студенту за сдачу допуска к работе, что подразумевает знание физической сути изучаемого явления, цели и задач исследования, физических основ применяемого метода, описания применяемого экспериментального оборудования и приборов, порядка выполнения измерений;
- 1 балл выставляется студенту за корректное выполнение измерений и составление таблицы результатов;
- 1 балл выставляется студенту за корректную обработку результатов измерений, расчет погрешностей и построение графиков изучаемых зависимостей.

*Суммарная оценка за выполнение одной лабораторной работы составляет 3 балла.*

### **Критерии оценки по защите отчетов к лабораторным работам**

Отчет по лабораторной работе должен быть правильно оформлен, содержать таблицу результатов, необходимые расчеты и графики, оценку погрешностей измерений и анализ полученных результатов. При защите отчета студент должен ответить на вопросы по теории изучаемого явления, методике выполнения работы и объяснить полученные результаты с учетом погрешностей измерений.

Ответы на вопросы должен показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

**5 баллов** выставляется студенту, если отчет соответствует всем вышеперечисленным требованиям, студент дал полные, развернутые ответы на все контрольные вопросы по лабораторной работе, продемонстрировал знание функциональных возможностей экспериментальной установки, владение терминологией, основными положениями теории, показал умение применять теоретические знания при

выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Цель работы достигнута и задачи работы выполнены полностью без неточностей и ошибок;

- **4 балла** выставляется студенту, если в отчете имеются неточности, студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допустил небольшие ошибки. Ответы на дополнительные вопросы вызвали некоторые затруднения. При изложении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании методики измерений. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не смог объяснить расхождение полученных результатов с табличными данными или с предсказаниями теории;

- **2 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении измерений.

- **1 балл** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о крайне неполном знании основных понятий, нет полного понимания методики измерений. Обнаруживаются ошибки при выполнении измерений или при расчете погрешностей измерений.

- **0 баллов** выставляется студенту, если студент не знает основных положений теории изучаемого явления. Обнаружено противоречие сделанных в отчете выводов теории изучаемого явления.

### **Требования и критерии оценивания письменной работы**

Письменная работа проверяет знание теории и умение решать стандартные задачи по дисциплине. Письменная работа состоит из четырех теоретических вопросов и одной задачи. Время выполнения – 45 минут.

#### **Пример варианта письменной работы.**

1. Перечислите основные исходные положения классической теории электропроводности металлов Друде-Лоренца.
2. Получите выражение для закона Ома в рамках теории Друде.
3. Опишите основные положения квантовой механической теории парамагнетизма по Паули.
4. Перечислите экспериментальные методы получения фононного спектра
5. Опишите температурную зависимость теплопроводности в металлах и диэлектриках.

#### **Критерии оценивания письменной работы**

**5 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все вопросы работы, продемонстрировал знание физической сути явлений, владение терминологией, основными положениями теории, показал умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий.

- **4 балла** выставляется студенту, если в отчете имеются неточности, студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допустил небольшие ошибки. При выполнении практической части работы допущены не принципиальные ошибки;

- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Имеются ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не смог решить задачу;

- **2 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о крайне неполном знании основных понятий и методов. Задача не решена.

- **1 балл** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о фрагментарном знании основных понятий и законов, нет понимания физики явления. Задача не решена.

- **0 баллов** выставляется студенту, если студент не ответил ни на один вопрос работы.

### Темы рефератов.

1. Расчеты зонной структуры твердых тел методами компьютерного моделирования
2. Выращивание монокристаллов металлов и сплавов методом Стокбаргера - Бриджмена.
3. Методика выращивания монокристаллов металлов и сплавов методом Чохральского.
4. Получение и применение сплавов с памятью формы.
5. Очистка кристаллов от примесей методом зонной плавки
6. Аморфные металлы – получение и свойства
7. Методы получения сверхтвердых сплавов
8. Сверхпластичность металлов: физика явления и практическое применение.
9. Высокотемпературная сверхпроводимость сплавов: физика явления и практическое применение
10. Современные методы повышения антикоррозионных свойств сплавов
11. Влияние размеров нанокристаллитов на температуру плавления и теплоемкость
12. Гигантское магнетосопротивление
13. Фотонные кристаллы.
14. Топологические изоляторы.
15. Применение Мессбауэровской спектроскопии для исследования нанокристаллического состояния твердых тел
16. Плазмонный резонанс в металлах и сплавах.
17. Современные методы измерения теплопроводности твердых тел
18. Современные методы измерения теплоемкости твердых тел

### Критерии оценивания рефератов

| № п.п. | Оцениваемый показатель                           | Балл |
|--------|--|------|
| 1.     | Соответствие содержания реферата заданной теме   | 1    |
| 2.     | Хорошо раскрыта физическая суть явления (метода) | 1    |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 3.  | Использованы научные монографии                    | 1 |
| 4.  | Информативность (формулы, рисунки, фото и т.п.)    | 1 |
| 5.  | Использованы статьи из научных журналов            | 1 |
| 6.  | Привлечена литература на иностранных языках        | 1 |
| 7.  | Более 70 % литературы выпущено в последние 10 лет  | 1 |
| 8.  | Сделан анализ приведенной информации               | 1 |
| 9.  | Сделано заключение                                 | 1 |
| 10. | Оформление по нормам ГОСТ для научной документации | 1 |

Оценка реферата получается суммированием по всем десяти показателям в таблице. Максимальная оценка – 10 баллов.

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

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

#### **Основная литература:**

1. Павлов П. В. Физика твердого тела : уч. пособие для вузов по спец."Физика" / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов .— М. : Высшая школа, 1985, 2000 г.— 384с. (8 +7экз)
2. Физика твердого тела : лабораторный практикум / под ред. А. Ф. Хохлова .— 2-е изд., испр. — М. : Высшая школа, . Т. 2: Физические свойства твердых тел .— 2001 .— 484 с (30 экз)
3. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель ; под ред. А. А. Гусева .— М. : Наука, 1978 .— 791 с. (28 экз)

#### **Дополнительная литература:**

4. Физика твердого тела : В 2-х т. / А. Ашкрофт, Н. Мермин; пер. А.С. Михайлова; под ред. М.И. Каганова. Т.1 .— 1979 .— 399с. [имеется 4 экз ] ; Т.2 .— 1979 .— 422с. : [имеется 5 экз ]
5. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] / Гольдаде В. А. — Минск : Белорусская наука, 2009 .— 648 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online» .— <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/93309/>>.
6. Вонсовский С.В.. Квантовая физика твердого тела / С. В. Вонсовский, М. И. Кацнельсон .— М. : Наука, 1983 .— 336с. : [имеется 7 экз ]
7. Матухин, Вадим Леонидович. Физика твердого тела : учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 .— 224 с. (41 экз).
8. Епифанов Г.И. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов .—изд. 3-е, испр. — СПб. : Лань, 2010 .— 288 с. [имеется 61 экз ]

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. «Электронная библиотека БашГУ» <https://elib.bashedu.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>



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

| Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий  | Вид занятий          | Наименование оборудования, программного обеспечения  |
|--|----------------------|--|
| 1  | 2                    | 3  |
| Учебная аудитория для проведения занятий: аудитории № 324 или №318.  | Лекции               | Доска, компьютер, мультимедийный проектор ,экран<br>Программное обеспечение:<br>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.<br>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.  |
| Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа: «Лаборатория физики металлов и сплавов» КОМН. № 309 физ.мат.корпуса | Лабораторные занятия | <b>Лабораторная работа №7 в составе</b> «Изучение магнитных свойств ферромагнетиков на вибрационном магнитометре». Вибрационная головка; Электромагнит ЭМ1; Вольтметр ВЗ-7; Универсальный источник питания УИП1; Генератор Ф578 Вольтметр селективный ТТ1301; Миллиамперметр Д566 Прибор 43101;<br><b>Лабораторная работа №8 в составе</b> «Изучение кривой намагничивания ферромагнетиков баллистическим методом». источник питания MASTECH HY 3005 D-2; Соленоид; Магазин сопротивлений; Набор исследуемых ферромагнетиков; Баллистический гальванометр; Амперметр.<br><b>Техника:</b><br>Персональный компьютер в составе Intel (256мб, 80гб)<br>Монитор Flatron L1918<br>Персональный компьютер Intel Pentium (1gb ОЗУ, 80гб)<br>Монитор Acer AL1716<br>Программное обеспечение:<br>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.<br>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. |

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
|   |                        | Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная.<br>Договор № 114 от 12.11.2014 г.   |
| Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа: аудитории № 315 «Лаборатория физики полупроводников» | Лабораторные занятия   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Установка для изучения эффекта Холла в полупроводниках ФПК-08</li> <li>- Установка для изучения температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников ФПК-07</li> <li>- Автоматическая лабораторная установка для исследования магнитомягких материалов</li> <li>- Установка для изучения температурной зависимости коэффициента термо-э.дс. и определения положения уровня Ферми в металлах и полупроводниках в составе: измерительная ячейка с нагревателем, пульт управления, вольтметр В7-27, источник тока, амперметр стрелочный, термopара, мультиметр MASTECH MAS 830В</li> </ul> <p>Учебная мебель<br/>Персональный компьютер Моноблок ThinkCentre<br/>Принтер HP LaserJet 1018<br/>Подключение к компьютерной сети Интернет<br/>Программное обеспечение:<br/>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.<br/>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian.<br/>Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная.<br/>Договор № 114 от 12.11.2014 г.</p> |
| Читальный зал №2 (физмат корпус, 2 этаж)  | Самостоятельная работа | Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.   |

## Приложение № 1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины \_« Введение в физику конденсированных сред»

на 6 семестр

(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

| Вид работы  | Объем дисциплины |
|---|------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)   | 2/72             |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  | 48,2             |
| лекций  | 16               |
| лабораторных занятий  | 32               |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 0,2              |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 23.8             |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету дифференцированному (Контроль)  | 0                |

Форма контроля:

зачет 6 семестр

| № п.п.           | Тема и содержание   | Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) |        |    | Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка) | Задания по самостоятельной работе студентов (СРС) | Форма текущего контроля успеваемости |
|------------------|---|--|--------|----|--|---|--------------------------------------|
|                  |   | ЛК   | ПР/СЕМ | СР |  |   |                                      |
| 1                | 2   | 3  | 4      | 6  | 7  | 8   | 9                                    |
| <b>Модуль 1.</b> |   |  |        |    |  |   |                                      |
| 1.               | Физика конденсированного состояния (ФКС) как предмет науки. Основные разделы (металлы, полупроводники, диэлектрики и аморфные материалы). Основные задачи и проблемы ФКС. Классификация твердых тел. Проблема металлического состояния. | 2  |        | 1  | 1, 3   | Проработка рекомендованной литературы             | Устный опрос                         |
| 2.               | Электронная подсистема в металлах. Классификация металлов. Опыт Рике и Стюарта. Классическая теория сводных электронов Друде-Лоренца. Закон Ома и Видемана-Франца. Закон Джоуля-Ленца. Недостатки теории.                               | 2  | 6      | 1  | 1, 3, 5  | Проработка рекомендованной литературы             | Письменная работа                    |
| 3.               | Квантовомеханическая теория электронного газа. Статистика Ферми-Дирака. Химпотенциал. Температурная зависимость химпотенциала.  | 2  | 6      | 1  | 1,3, 8   | Проработка рекомендованной литературы             | Устный опрос                         |
| 4.               | Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули. Квантовомеханическая теория теплоемкости электронного газа. Зоммерфельдовская теория проводимости в металлах.  | 2  | 4      | 1  | 1, 3, 6  | Проработка рекомендованной литературы             | Письменная работа                    |
| 5.               | Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность и теплопроводность в квантовомеханической теории электронного газа.  | 2  | 6      | 2  | 1, 2, 4  | Проработка рекомендованной литературы             | Устный опрос                         |
| 6.               | Теорема Блоха. Электроны в периодическом потенциале. Случай слабой связи.   | 2  |        | 2  | 1, 4   | Проработка рекомендованной литературы             | Письменная работа                    |

|     |  |    |    |      |          |                                       |                   |
|-----|--|----|----|------|----------|---------------------------------------|-------------------|
|     |  |    |    |      |          | литературы                            |                   |
| 7.  | Электроны в периодическом потенциале. Случай сильной связи.  | 2  |    | 2    | 1, 4     | Проработка рекомендованной литературы | Устный опрос      |
| 8.  | Зонная теория твердых тел. Определение поверхности Ферми.  | 2  | 6  | 2    | 1, 4, 6  | Проработка рекомендованной литературы | Письменная работа |
| 9.  | Зонная структура отдельных металлов. Одновалентные металлы. Двухвалентные металлы. Переходные металлы. Редкоземельные металлы. Сплавы.           | 2  |    | 2    | 1, 4     | Проработка рекомендованной литературы | Устный опрос      |
| 10. | Динамика кристаллической решетки. Фононы и колебания решетки. Колебания цепочки одинаковых атомов.   | 2  |    | 2    | 1, 3, 4  | Проработка рекомендованной литературы | Письменная работа |
| 11. | Колебания цепочки из двух сортов атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Недостатки линейной модели.                                  | 2  |    | 1, 8 | 1, 3, 4  | Проработка рекомендованной литературы | Устный опрос      |
| 12. | Фононы. Удельная теплоемкость решетки. Расчет фононной теплоемкости по модели Дебая и Эйнштейна.   | 2  |    | 2    | 1, 2, 4  | Проработка рекомендованной литературы | Письменная работа |
| 13. | Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов и электромагнитного излучения кристаллом.                            | 4  |    | 2    | 1, 3, 4, | Проработка рекомендованной литературы | Устный опрос      |
| 14. | Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение. Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности | 4  | 4  | 2    | 1, 2, 7  | Проработка рекомендованной литературы | Устный опрос      |
|     | Всего часов:   | 16 | 32 | 23,8 |          |                                       |                   |

### Рейтинг – план дисциплины

«Введение в физику конденсированных сред»  
(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»,

профиль «Физика конденсированного состояния вещества»

курс 3, семестр 6

| Виды учебной деятельности студентов                                    | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|  |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1.</b>   |                            |                          |             |              |
| Текущий контроль   |                            |                          |             |              |
| 1. Устный опрос  | 4                          | 4                        | 0           | 16           |
| 2. Выполнение лабораторных работ                                       | 3                          | 3                        | 0           | 9            |
| Рубежный контроль  |                            |                          |             |              |
| 1. Письменная работа   | 2                          | 5                        | 0           | 10           |
| 2. Отчет по лабораторной работе  | 5                          | 3                        |             | 15           |
| <b>Модуль II.</b>  |                            |                          |             |              |
| Текущий контроль   |                            |                          |             |              |
| 1. Устный опрос  | 4                          | 4                        | 0           | 16           |
| 2. Выполнение лабораторных работ                                       | 3                          | 3                        | 0           | 9            |
| Рубежный контроль  |                            |                          |             |              |
| 1. Отчет по лабораторной работе  | 3                          | 5                        | 0           | 15           |
| 2. Реферат   | 10                         | 1                        | 0           | 10           |
| <b>Поощрительные баллы</b>   |                            |                          |             |              |
| Участие в научных конференциях   |                            |                          | 0           | 10           |
| <b>Итого поощрительных баллов</b>                                      |                            |                          | <b>0</b>    | <b>10</b>    |
| <b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b> |                            |                          |             |              |
| 1. Посещение лекционных занятий  |                            |                          | 0           | -6           |
| 2. Посещение лабораторных занятий                                      |                            |                          | 0           | -10          |
| <b>Итоговый контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| <b>Зачет</b>   |                            |                          | 60          | 110          |