

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиотехники и электроники  
  
\_\_\_\_\_/В.А. Небольсин/  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
\_\_\_\_\_  
2022 г.

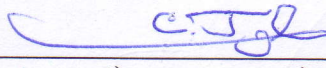
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины

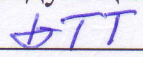
**«Физика конденсированного состояния»**  
(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

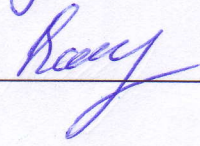
Научная специальность: 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния»  
(код и наименование научной специальности)

Нормативный период обучения 4 года

Год начала подготовки: 2022

Автор(ы) программы  С.А. Гриднев  
(должность и подпись)

Заведующий кафедрой  Ю.Е. Калинин  
(наименование кафедры, реализующей дисциплину) (подпись)

Руководитель программы аспирантуры  Ю.Е. Калинин

Воронеж 2022

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1 Цели дисциплины

Целью дисциплины является обеспечение фундаментальных знаний и навыков в области физики конденсированного состояния, повышение качества подготовки аспирантов путем развития у них творческих способностей и самостоятельности при решении основных задач профессиональной деятельности в области разработки, получения, исследования и применения конденсированных материалов с заданными физическими свойствами и подготовка к кандидатскому экзамену.

### 1.2 Задачи освоения дисциплины

Сформировать компетенции будущего специалиста, которые позволят ему действовать в ситуации выбора научной стратегии, нацеленной на получение и исследование новых конденсированных материалов на основе достижений современной науки. Обеспечить приобретение аспирантами теоретических знаний и практического опыта в выборе состава материалов, способов их получения и исследований для обеспечения заданных свойств и уровня качества.

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности «1.3.8. – Физика конденсированного состояния».

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В результате изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» аспирант должен:

**Знать:** физическую сущность процессов, протекающих в металлических, полупроводниковых, диэлектрических, магнитных материалах и в структурах, созданных на основе этих материалов, в том числе и при воздействии внешних полей различной природы и изменении температуры.

**Уметь:** выполнять количественные оценки величин, характеризующих различные физические эффекты и характеристических параметров материалов с учётом особенностей кристаллической структуры, электронного и фононного спектров, типа и концентрации легирующих примесей.

**Владеть:** методами теоретических исследований конденсированных сред, а также навыками сбора, обработки и обобщения научно-технической информации, проведения качественного и количественного анализов для применения в своей профессиональной деятельности.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физика конденсированного состояния» составляет 12 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

| Вид учебной работы                                             |          | Всего часов | Семестры |     |     |  |
|----------------------------------------------------------------|----------|-------------|----------|-----|-----|--|
|                                                                |          |             | 5        | 6   | 7   |  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                              |          | 54          | 18       | 18  | 18  |  |
| В том числе:                                                   |          |             |          |     |     |  |
| Лекции                                                         |          | 54          | 18       | 18  | 18  |  |
| Практические занятия (ПЗ)                                      |          |             |          |     |     |  |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                  |          | 342         | 90       | 126 | 126 |  |
| Реферат (есть, нет)                                            |          |             | нет      | нет | нет |  |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен) |          | 36          | нет      | нет | 36  |  |
| Общая трудоемкость                                             | час      | 432         | 108      | 144 | 180 |  |
|                                                                | зач. ед. | 12          | 3        | 4   | 5   |  |

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

| № п/п | Наименование темы                     | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Лекц | СРС | Всего, час |
|-------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------------|
| 1     | Типы химической связи в твердых телах | Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. | 6    | 30  | 36         |
| 2     | Дефекты в твердых телах               | Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации. Методы выявления дефектов.                                                                                                                | 6    | 30  | 36         |
| 3     | Механические свойства твердых тел     | Упругость и пластичность. Обобщенный закон Гука. Твердость и прочность. Разрушение материала. Последствие и релаксация напряжений. Дисперсия упругих модулей и внутреннее трение. Механизмы внутреннего трения. Механическая усталость. Коррозионная и радиационная стойкость.                                                              | 6    | 30  | 36         |

|                 |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |            |            |
|-----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|------------|
| 4               | Электронные свойства твердых тел          | Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих явлений на основе классической теории Друде. | 6         | 43         | 49         |
| 5               | Тепловые свойства твердых тел             | Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю.    | 6         | 43         | 49         |
| 6               | Магнитные свойства твердых тел            | Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Доменные границы (Блоха, Нееля). Суперпарамагнетизм.                   | 6         | 43         | 49         |
| 7               | Электрические свойства твердых тел        | Электрический момент как характеристика распределения зарядов в структуре кристаллов. Полярные, неполярные и полярно-нейтральные структуры. Индуцированная и спонтанная поляризация. Пирозлектрики. Сегнетоэлектрики. Симметрия кристаллов и спонтанная поляризация. Принцип Неймана. Доменная структура сегнетоэлектриков. Динамика доменов.                          | 6         | 42         | 48         |
| 8               | Магнитоэлектрические свойства твердых тел | Ферроики. Мультиферроики. Однофазные и многофазные мультиферроики. Магнитоэлектрические мультиферроики. Твердые растворы на основе $\text{BiFeO}_3$ . Неоднородные мультиферроики (композиты). Самосмещенные МЭ композиты.                                                                                                                                             | 6         | 42         | 48         |
| 9               | Сверхпроводимость твердых тел             | Основные фундаментальные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Изотопический эффект. Эффект Джозефсона. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Высокотемпературная сверхпроводимость и Модели для ее объяснения. Области применения сверхпроводников.                                                                                                                   | 6         | 41         | 47         |
| <b>Контроль</b> |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |            | <b>36</b>  |
| <b>Итого</b>    |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>54</b> | <b>344</b> | <b>434</b> |

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение рефератов.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»; «не аттестован».

| Критерии оценивания                                                         | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| Решение стандартных практических задач                                      | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| Решение прикладных задач в конкретной предметной области                    | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в \_\_ семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

| Критерии оценивания                                      | Отлично                                                | Хорошо                                                                                | Удовлетворительно                                        | Неудовлетворительно                  |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
| Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

**7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)**

|   | Вопрос                                     | Варианты ответа                                                          |
|---|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Какие силы удерживают частицы в кристалле? | 1) магнитные<br>2) упругие<br>3) гравитационные<br>4) электростатические |

|    |                                                                        |                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | Сколько квантовых чисел характеризует состояние электрона в кристалле? | 1) четыре<br>2) три<br>3) два<br>4) одно                                                                                                                                                                |
| 3  | Типы химических связей в кристаллах                                    | 1) ковалентная<br>2) металлическая<br>3) ионная<br>4) водородная                                                                                                                                        |
| 4  | Силы, действующие между частицами в молекулярных кристаллах            | 1) электростатические<br>2) Ван-дер-Ваальса<br>3) упругие<br>4) магнитные                                                                                                                               |
| 5  | По геометрическим признакам дефекты делятся на классы                  | 1) объемные<br>2) поверхностные<br>3) линейные<br>4) точечные                                                                                                                                           |
| 6  | Какие дефекты относятся к линейным?                                    | 1) дислокации<br>2) дисклинации<br>3) поверхностные<br>4) объемные                                                                                                                                      |
| 7  | Что представляют собой антифазные границы?                             | 1) дефекты на границе раздела фаз<br>2) разновидность плоских дефектов<br>3) один их видов линейных дефектов<br>4) объемные дефекты                                                                     |
| 8  | Что такое дефект по Френкелю?                                          | 1) вышедший на поверхность атом<br>2) комбинация «вакансия-междоузельный атом»<br>3) любая вакансия в кристалле<br>4) бивакансия в кристалле                                                            |
| 9  | Что такое дефект по Шоттки?                                            | 1) комбинация «вакансия-бивакансия»<br>2) всякий междоузельный атом<br>3) вакансия, возникшая в результате выхода атома на поверхность кристалла<br>4) вакансия в результате выхода атома в междоузелье |
| 10 | Как можно изучать дефекты в кристалле на атомном уровне?               | 1) поляризационным микроскопом<br>2) электронным микроскопом<br>3) автоионным микроскопом<br>4) сканирующим микроскопом                                                                                 |

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

|   | Вопрос                                                                               | Варианты ответа                                                                                        |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Что является количественной мерой распределения зарядов в структуре кристалла?       | 1) поляризация<br>2) диэлектрическая проницаемость<br>3) электрический момент<br>4) электропроводность |
| 2 | К какой группе относятся кристаллы при наличии у них особенных полярных направлений? | 1) неполярные<br>2) полярно-нейтральные<br>3) полярные<br>4) диэлектрические                           |

|    |                                                                                                                                            |                                                                                                 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | Что принимается за единицу измерения дипольного момента в системе СИ?                                                                      | 1) Кл/м<br>2) Кл/м <sup>2</sup><br>3) Кл·м<br>4) Кл·м <sup>2</sup>                              |
| 4  | Как называют кристаллы, в которых электрические центры тяжести всех положительных и отрицательных зарядов совпадают?                       | 5) бездипольные<br>6) дипольные<br>7) полярно-нейтральные<br>8) полярные                        |
| 5  | Какие кристаллофизические закономерности надо использовать, чтобы отобрать те классы кристаллов, которые обладают спонтанной поляризацией? | 5) Закон Видера<br>6) принцип Неймана<br>7) принцип Кюри<br>8) закон Кюри-Вейсса                |
| 6  | Сколько классов кристаллов относится к неполярным кристаллам?                                                                              | 1) 1<br>2) 11<br>3) 10<br>4) 20                                                                 |
| 7  | Сколько классов кристаллов относится к полярным кристаллам?                                                                                | 1) 20<br>2) 11<br>3) 10<br>4) 15                                                                |
| 8  | Переключается ли поляризация в пьезоэлектриках под действием внешнего электрического поля?                                                 | 5) не переключается<br>6) переключается<br>7) частично переключается<br>8) зависит от кристалла |
| 9  | Электрострикция является эффектом, который зависит от электрического поля...                                                               | 5) линейно<br>6) квадратично<br>7) не зависит от поля<br>8) экспоненциально                     |
| 10 | Пьезоэффект является эффектом, который зависит от электрического поля...                                                                   | 5) линейно<br>6) квадратично<br>7) не зависит от поля<br>8) экспоненциально                     |

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

|   | Вопрос                                                                  | Варианты ответа                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Необходимое и достаточное условие, чтобы кристалл был сегнетоэлектриком | 1) принадлежать к 10 полярным классам<br>2) обладать структурным фазовым переходом<br>3) принадлежать к 10 полярным классам и переключаться во внешнем электрическом поле<br>4) обладать высокой диэлектрической проницаемостью |
| 2 | Размерность спонтанной электрической поляризации                        | 1) Кл/м<br>2) Кл/м <sup>2</sup><br>3) Кл·м<br>4) Кл·м <sup>2</sup>                                                                                                                                                              |
| 3 | Количественная мера спонтанной поляризации                              | 1) объемный заряд<br>2) поверхностная плотность заряда<br>3) дипольный момент<br>4) плотность электронных состояний                                                                                                             |

|    |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | Спонтанная поляризация в дипольных кристаллах возникает только в случае...                                        | 1) гармонических колебаний<br>2) ангармонических колебаний<br>3) резонансных колебаний<br>4) затухающих колебаний                                                        |
| 5  | Какая из классификаций сегнетоэлектриков наиболее полная?                                                         | 1) по числу направлений $P_s$<br>2) кристаллохимическая<br>3) кристаллофизическая<br>4) по характеру фазового перехода                                                   |
| 6  | Если кристалл содержит две подрешетки, спонтанно поляризованные в противоположных направлениях, то он является... | 1) сегнетоэлектриком<br>2) антисегнетоэлектриком<br>3) сегнетизлектриком<br>4) параэлектриком                                                                            |
| 7  | Сегнетоэластик – это кристалл, обладающий спонтанной ...                                                          | 1) поляризацией<br>2) намагниченностью<br>3) деформацией<br>4) электрострикцией                                                                                          |
| 8  | Сегнетомагнетик – это кристалл, который является одновременно...                                                  | 1) сегнетоэлектриком и ферромагнетиком<br>2) сегнетоэлектриком и сегнетоэластиком<br>3) ферромагнетиком и сегнетоэластиком<br>4) сегнетоэлектриком и антиферромагнетиком |
| 9  | Ферроик – это кристалл, в котором спонтанно возникает либо...                                                     | 1) поляризация<br>2) намагниченность<br>3) деформация<br>4) одновременно все величины                                                                                    |
| 10 | Мультиферроик – это кристалл в котором одновременно возникают...                                                  | 1) поляризация и деформация<br>2) поляризация и намагниченность<br>3) намагниченность и деформация<br>4) одновременно все три величины                                   |

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету<sup>1</sup>

Не предусмотрено учебным планом

#### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости.

2. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

3. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

4. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение.

<sup>1</sup> Если форма контроля не предусмотрена учебным планом, раздел не удаляется, добавляется текст «Не предусмотрено учебным планом»

5. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.

6. Энергетические зоны. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

7. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма.

8. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

9. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

10. Полярные, неполярные и полярно-нейтральные структуры. Индуцированная и спонтанная поляризация. Пироэлектрики. Сегнетоэлектрики. Симметрия кристаллов и спонтанная поляризация. Принцип Неймана.

11. Антисегнетоэлектрики, сегнетиэлектрики, сегнетомагнетики, сегнетоэластики. Понятие о ферроиках и мультиферроиках.

12. Доменная структура сегнетоэлектриков. Равновесная ширина и равновесная форма домена. Упаковка доменов. Динамика доменов.

13. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

14. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

15. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

#### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ).

Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Наименование оценочного средства |
|-------|------------------------------------------|----------------------------------|
| 1     | Типы химической связи в твердых телах    | Тест, устный опрос               |
| 2     | Дефекты в твердых телах                  | Тест, устный опрос               |
| 3     | Электронные свойства твердых тел         | Тест, устный опрос               |
| 4     | Тепловые свойства твердых тел            | Тест, устный опрос               |
| 5     | Магнитные свойства твердых тел           | Тест, устный опрос               |
| 6     | Магнитные свойства твердых тел           | Тест, устный опрос               |
| 7     | Сверхпроводимость и ВТСП                 | Тест, устный опрос               |

### 7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации<sup>2</sup>.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### а) основная литература

1. Гриднев С.А. Лекции по физике твердого состояния: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. – 245 с.
2. Гриднев С.А. Основы физики полярных диэлектриков. Саарбрюккен: Палмариум, 2014.
3. Постников В.С. Физика и химия твердого состояния. М.: Металлургия, 1978.
4. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
5. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
6. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
7. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

#### б) дополнительная литература

---

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
4. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд / под ред. К.М. Рабе, Ч.Г. Ана, Ж.-М. Трискона; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
5. Поплавко Ю.М., Переверзева Л.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009.
6. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.: Металлургия, 1974.

#### **в) методическая литература**

Методические указания и рекомендации по подготовке научных работ к печати для студентов, аспирантов и магистров физико-технического факультета очной формы обучения / ВГТУ; Сост. С.А. Гриднев, Воронеж, 2006. 43 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Microsoft Word, Origin, Microsoft Excel, Internet Explorer

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Специализированная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (226/1).
2. Научно-учебные лаборатории физических свойств сегнетоэлектриков (002/1), физических свойств магнитных материалов (024/1) с научно-исследовательскими измерительными стендами, комплексами и оборудованием.

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

По дисциплине «Физика конденсированного состояния» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем экзамена.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |