

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Институт приоритетных технологий

Кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование  
дисциплины  
(модуля):

**Физика конденсированного состояния веществ**

Уровень ОПОП: Специалитет

Специальность: 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства

Направленность (профиль) подготовки специалитета: Физические процессы нефтегазового производства

Форма обучения: Очная

Срок обучения: 2025 - 2031 уч. г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства (приказ № 981 от 12.08.2020 г.) и учебного плана, утвержденного Ученым советом (от 27.05.2024 г., протокол № 9)

Разработчики:

Борознина Н. П., доктор физико-математических наук, профессор

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры, протокол № 08 от 21.06.2024 года

Зав. кафедрой



Борознин С. В.

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - дать студентам достаточно полное и строгое представление о структуре и физических свойствах конденсированных сред, о современных методах изучения физических свойств конденсированного состояния, коллективных процессах в твердых телах.

Задачи дисциплины:

- Изучить основные положения физики конденсированного состояния, классификации твердых тел, классов симметрии кристаллов, диэлектрических и магнитных свойств твердых тел, изучить основные приближения и модели, используемые для описания физических свойств твердых тел, коллективных явлений в твердых телах
- Сформировать навыки использования полученных знаний для решения поставленных задач по курсу физики конденсированного состояния вещества.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика конденсированного состояния веществ» относится к обязательной части учебного плана.

Дисциплина изучается на 4 курсе.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций, определенных учебным планом в соответствии с ФГОС ВО.

Выпускник должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

**- ОПК-2 Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр на суше, на шельфе морей и на акваториях мирового океана**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины

Студент должен знать:

Основные законы естественных наук при решении задач в профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

Студент должен уметь:

Применять естественнонаучные знания, методы для решения задач профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

Студент должен владеть навыками:

Навыки использования законов естественных для решения задач профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                         | Всего часов | Седьмой семестр |
|--|-------------|-----------------|
| <b>Контактная работа (всего)</b>           | <b>68</b>   | <b>68</b>       |
| Лекции                                     | 68          | 68              |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>      | <b>76</b>   | <b>76</b>       |
| <b>Виды промежуточной аттестации</b>       | <b>36</b>   | <b>36</b>       |
| Экзамен                                    | 36          | 36              |
| <b>Общая трудоемкость часы</b>             | <b>180</b>  | <b>180</b>      |
| <b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b> | <b>5</b>    | <b>5</b>        |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание дисциплины: Лекции (68 ч.)

## Седьмой семестр. (68 ч.)

Тема 1. Предмет физики конденсированного состояния вещества. Классификация твердых тел. (2 ч.)

Предмет ФКС. Этапы развития ФКС. Кристаллические и аморфные тела. Классификация твердых тел.

Тема 2. Типы связи. Энергия связи. (2 ч.)

Типы связи: ионная, ковалентная, металлическая. Энергия связи двухатомной молекулы и твердого тела. Равновесное расстояние.

Тема 3. Ионные и ковалентные кристаллы. Молекулярные кристаллы. Металлы. (2 ч.)

Определение ионных кристаллов. Типичные представители. Постоянная Маделунга.

Координационное число. Энергия связи ионного кристалла – формула Борна-Ланде. Определение ковалентных кристаллов. Типичные представители. Обобществленные электроны. МО ЛКАО. Интеграл перекрытия. Обменный интеграл. Гибридизация.

Определение молекулярных кристаллов. Потенциал Леннарда-Джонса. Металлы. Плотнейшие упаковки.

Тема 4. Кристаллические решетки. Трансляционная симметрия. (2 ч.)

Кристаллические решетки. Трансляционная симметрия. Вектор трансляции. Прimitивная ячейка Вигнера-Зейтца.

Тема 5. Решетки Бравэ. Индексы Миллера. (2 ч.)

Решетки Бравэ. Типы сингоний. Индексы Миллера. Построение кристаллографической плоскостей по индексам Миллера.

Тема 6. Элементы симметрии кристаллов. (2 ч.)

Элементы симметрии кристаллов. Точечные группы симметрии. Пространственные группы симметрии. Элементы симметрии. Энантиоморфные кристаллы.

Тема 7. Дифракция в кристаллах. Модульная контрольная работа 1. (2 ч.)

Дифракция в кристаллах. Закон Вульфа-Брэгга. 3 метода рентгеноструктурного анализа. Метод монокристалл. Метод Лауэ. Метод порошка. Модульная контрольная работа 1.

Тема 8. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. (2 ч.)

Обратная решетка. Связь прямой и обратной решеток. Свойства обратной решетки.

Физический смысл. Зоны Бриллюэна. Принципы построения зон Бриллюэна.

Тема 9. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Центры окраски. (2 ч.)

Классификация дефектов. Точечные дефекты. Виды точечных дефектов. Дефекты Шоттки и Френкеля. Центры окраски. Типы центров окраски. Радиационные дефекты.

Тема 10. Дислокации. (2 ч.)

Дислокации. Краевые дислокации. Положительные и отрицательные краевые дислокации.

Винтовые дислокации. Правая и левая винтовые дислокации. Перемещение дислокаций.

Тема 11. Контур и вектор Бюргерса. Энергия дислокации. Источники дислокаций. (2 ч.)

Контур и вектор Бюргерса. Энергия дислокации. Источники дислокаций. Источник Франка-Рида.

Тема 12. Энергетический спектр кристалла. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. (2 ч.)

Энергетический спектр кристалла. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Виды полей, связанных с квазичастицами.

Тема 13. Уравнение Шредингера для твердого тела. Адиабатическое приближение. Валентная аппроксимация. (2 ч.)

Уравнение Шредингера для твердого тела. Гамильтониан. Адиабатическое приближение. Валентная аппроксимация.

Тема 14. Уравнение Шредингера для твердого тела: одноэлектронное приближение. Функция Блоха. (2 ч.)

Уравнение Шредингера для твердого тела: одноэлектронное приближение. Определитель Слэтера. Периодический потенциал. Теорема Блоха. Функция Блоха.

Тема 15. Свойства волнового вектора в кристалле. Энергетический спектр электрона в кристалле. Модель Кронига-Пенни. (2 ч.)

Свойства волнового вектора в кристалле. Энергетический спектр электрона в кристалле. Модель Кронига-Пенни. Случаи сильной и слабой связи.

Тема 16. Модульная контрольная работа 2. (2 ч.)

Модульная контрольная работа 2: по темам 8-15.

Тема 17. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

Эффективная масса электрона. (2 ч.)

Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Качественное и количественное различия. Схема заполнения зон электронами для металлов, полупроводников и диэлектриков. Эффективная масса электрона. Уравнение Шредингера с эффективной массой.

Тема 18. Тепловые свойства твердых тел (2 ч.)

Тепловые свойства твердых тел. Распределение Ферми-Дирака. Вырождение и снятие вырождения. Температура Ферми.

Тема 19. Полупроводники. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. (2 ч.)

Полупроводники. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Донорные и акцепторные уровни в полупроводниках.

Тема 20. Собственная проводимость полупроводников. (2 ч.)

Собственная проводимость полупроводников. модель Лорентца и Друде. Подвижность. Электропроводность собственного проводника.

Тема 21. Проводимость примесных полупроводников. (2 ч.)

Проводимость примесных полупроводников. Дырочные и электронные полупроводники.

Тема 22. Свойства твердых тел в сильных электрических полях: разогрев электронного газа, эффект Ганна. (2 ч.)

Свойства твердых тел в сильных электрических полях: разогрев электронного газа и горячие электроны, эффект Ганна. Опыт Ганна. Электрические домены.

Тема 23. Свойства твердых тел в сильных электрических полях: ударная ионизация, эффект Зинера. (2 ч.)

Свойства твердых тел в сильных электрических полях: ударная ионизация, эффект Зинера. Туннельный эффект в эффекте Зинера.

Тема 24. Диэлектрики. Электропроводность. Основные механизмы проводимости в диэлектриках. (2 ч.)

Диэлектрики. Электропроводность. Основные механизмы проводимости в диэлектриках. Электронный механизм. Полярный механизм ПМР и ПБР. Ионная проводимость. Суперионная проводимость.

Тема 25. Поляризация диэлектриков: Электронная упругая поляризация, Ионная упругая поляризация. (2 ч.)

Поляризация диэлектриков: Электронная упругая поляризация, Механизм ЭУП. Ионная упругая поляризация. Коэффициент упругой поляризуемости.

Тема 26. Поляризация диэлектриков: Дипольная упругая и тепловая поляризация, ионная тепловая поляризация, электронная тепловая поляризация. (2 ч.)

Поляризация диэлектриков: Дипольная упругая и тепловая поляризация, ионная тепловая поляризация, электронная тепловая поляризация.

Тема 27. Пьезоэлектрический эффект. (2 ч.)

Пьезоэлектрический эффект. Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезокоэффициент.

Тема 28. Пироэлектрический эффект. (2 ч.)

Пироэлектрический эффект - истинный и ложный. Изменение поляризации при пироэффекте.

Тема 29. Сегнетоэлектрики. (2 ч.)

Сегнетоэлектрики. Петля гистерезиса. Коэрцитивная сила.

Тема 30. Оптические свойства твердых тел. (2 ч.)

Оптические свойства твердых тел. Виды взаимодействия излучения с твердым телом. Оптические константы.

Тема 31. Механические свойства твердых тел. (2 ч.)

Механические свойства твердых тел. Тензор напряжения. Тензор деформации. Связь истинной и условной деформации.

Тема 32. Сверхпроводимость. Основные положения (2 ч.)

Сверхпроводимость. Основные положения. Свойства сверхпроводников. Теория БКШ. Куперовские пары.

Тема 33. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков. (2 ч.)

Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков. Диамагнетики. парамагнетики. Ферромагнетики, антиферромагнетики. Ферримагнетики.

Тема 34. Модульная контрольная работа 3. (2 ч.)

Модульная контрольная работа 3 по темам 17-33.

## **6. Виды самостоятельной работы студентов по дисциплине Седьмой семестр (76 ч.)**

Вид СРС: работа с литературой (30 ч.)

Тематика заданий СРС:

Самостоятельная работа с учебниками и книгами, самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях – важнейшее условие формирования студентом у себя научного способа познания.

Изучая материал по учебной книге (учебнику, учебному пособию, монографии, хрестоматии и

др.), следует переходить к следующему вопросу только после полного уяснения предыдущего,

фиксируя выводы и вычисления, в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода.

Особое внимание студент должен обратить на определение основных понятий курса. Надо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и приводить аналогичные примеры самостоятельно.

Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебной книге полезно либо в тетради на специально отведенных полях, либо в документе, созданном на ноутбуке, планшете и др. информационном устройстве, дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в результате изучения учебной литературы, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы при перечитывании материала они лучше запоминались. основная литература по теме:

1. Ю .А. Стрекалов, Н. А. Тенякова Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное - Москва:РИОР : ИНФРА-М, 2013. - 307 с. -

Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=363421>

2. Кульков В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом

материаловедении [Электронный ресурс]: - Издание 1-е изд, 2017. - 272 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90003>

3. Епифанов Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: - Издание 4-е изд., стер. - Лань, 2011. - 288 с. - Режим доступа:

[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2023](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023)

Вид СРС: Подготовка к экзамену (46 ч.)

Тематика заданий СРС:

Используются конспекты лекций, конспекты текстов основной и дополнительной литературы, вопросы промежуточной аттестации.

Экзаменационные вопросы:

1. Предмет Физики конденсированного состояния. Основные проблемы и этапы

Становления науки.

2. Классификация твердых тел. Типы связи.

3. Энергия связи.

4. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы.

5. Ковалентные кристаллы. Металлы. Плотнейшие упаковки.

6. Кристаллические решетки. Вектор трансляции. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка Вигнера-Зейтца.

7. Решетки Браве. Сингонии. Индексы Миллера. Подготовлено в системе 1С:Университет (000009602) 7 из 17

8. Элементы симметрии кристаллов. Точечная группа симметрии.

9. Пространственные группы симметрии.

10. Дифракция в кристаллах. Закон Вульфа-Брэгга. Основные дифракционные методы.

11. Обратная решетка: свойства, физический смысл.

12. Зоны Бриллюэна.

13. Классификация дефектов кристаллического строения

14. Точечные дефекты: основные типы, равновесная концентрация,

15. Точечные дефекты: дефекты Шоттки и Френкеля.

16. Центры окраски. Радиационные дефекты.

17. Краевые дислокации.

18. Винтовые дислокации.

19. Контур и вектор Бюргерса. Энергия дислокации.

20. Источники дислокаций.

21. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц.

Примеры квазичастиц.

22. Уравнение Шредингера для твердого тела. Адиабатическое приближение.

23. Уравнение Шредингера для твердого тела: Одноэлектронное приближение.

Метод Хартри-Фока. Функция Блоха.

24. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Свободный электрон и электрон в кристалле. Квазиимпульс. Энергетические зоны.

25. Энергетический спектр электрона в кристалле. Модель Кронига-Пенни. Случаи сильной и слабой связи.

26. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

27. Электронный газ Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Температура Ферми.

28. Эффективная масса электрона.

29. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Донорные примеси.

30. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Акцепторные примеси.

31. Собственная проводимость полупроводников. Удельная электропроводность.

32. Проводимость примесных полупроводников.

33. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Разогрев электронного газа и эффект Ганна

34. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Ударная ионизация и эффект Зинера.

35. Электропроводность диэлектриков. Основные механизмы проводимости в диэлектриках.

36. Поляризация диэлектриков. Типы упругой и тепловой поляризации.

37. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация.

38. Дипольная и тепловая поляризация. Ионная тепловая поляризация. Электронная тепловая поляризация.

39. Пьезоэлектрический эффект.

40. Пироэлектрический эффект.

41. Сегнетоэлектрики.

42. Механические свойства твердых тел. Тензор напряжений.

43. Упругая деформация. Математические основы деформированного состояния.

Тензор деформации.

44. Оптические свойства твердых тел. Виды взаимодействия света с твердым телом.  
 45. Поглощение света кристаллами (поглощение свободными носителями, решеточное поглощение, экситонное поглощение и т.д.)  
 46. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков.  
 47. Сверхпроводимость. Суть явления.

## 7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

## 8. Фонд оценочных средств. Оценочные материалы

### 8.1. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

обучающийся демонстрирует глубокое знание учебного материала; способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных ситуациях; способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения практико-ориентированных заданий

Базовый уровень:

обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию; демонстрирует осознанное владение учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности, необходимыми для решения практико-ориентированных заданий

Пороговый уровень:

обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями; демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий на репродуктивном уровне

Уровень ниже порогового:

система знаний, необходимая для решения учебных и практико-ориентированных заданий, не сформирована; обучающийся не владеет основными умениями, навыками и способами деятельности

| Уровень сформированности компетенции | Шкала оценивания для промежуточной аттестации | Шкала оценивания по БРС |
|--------------------------------------|---|-------------------------|
|                                      | Экзамен, зачет с оценкой                      |                         |
| Повышенный                           | 5 (отлично)                                   | 91 и более              |
| Базовый                              | 4 (хорошо)                                    | 71 – 90                 |
| Пороговый                            | 3 (удовлетворительно)                         | 60 – 70                 |
| Ниже порогового                      | 2 (неудовлетворительно)                       | Ниже 60                 |

### Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

| Оценка  | Показатели  |
|---------|---|
| Отлично | Обучающийся демонстрирует:<br>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;<br>точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;<br>безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;<br>выраженную способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;<br>полное и глубокое усвоение основной, и дополнительной литературы, по |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
|                               | <p>изучаемой учебной дисциплине;</p> <p>умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой учебной дисциплине и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;</p> <p>творческую самостоятельную работу на учебных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>   |
| Хорошо                        | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной дисциплины;</p> <p>использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения;</p> <p>владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;</p> <p>способность решать сложные проблемы в рамках учебной дисциплины;</p> <p>свободное владение типовыми решениями;</p> <p>усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по учебной дисциплине;</p> <p>умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой учебной дисциплине и давать им аналитическую оценку;</p> <p>активную самостоятельную работу на учебных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.</p> |
| Удов-<br>летвори-<br>тельно   | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <p>достаточные знания в объеме рабочей программы по учебной дисциплине;</p> <p>использование научной терминологии, грамотное, логически правильно изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;</p> <p>владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;</p> <p>способность самостоятельно применять типовые решения в рамках изучаемой дисциплины;</p> <p>усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по дисциплине;</p> <p>работу на учебных занятиях под руководством преподавателя, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.</p>   |
| Неудов-<br>летвори-<br>тельно | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <p>фрагментарные знания в рамках изучаемой дисциплины; знания отдельных литературных источников, рекомендованных рабочей программой по учебной дисциплине;</p> <p>неумение использовать научную терминологию учебной дисциплины, наличие в ответе грубых, логических ошибок;</p> <p>пассивность на занятиях или отказ от ответа, низкий уровень культуры исполнения заданий.</p>   |

## 8.2. Вопросы, задания текущего контроля

В целях освоения компетенций, указанных в рабочей программе дисциплины, предусмотрены следующие вопросы, задания текущего контроля:

**- ОПК-2 Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы**

## **месторождений полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр на суше, на шельфе морей и на акваториях мирового океана**

Студент должен знать:

Основные законы естественных наук при решении задач в профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

Вопросы, задания:

1. Электроотрицательность. Относительная ионность
2. Энергия связи двухатомной молекулы и твердого тела
3. Потенциал Леннарда-Джонса (для молекулярных кристаллов). Формула Борна-Ланде (для ионных кристаллов).
4. Сингонии кристаллов.
5. Индексы Миллера.
6. Точечные дефекты.

Студент должен уметь:

Применять естественнонаучные знания, методы для решения задач профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

Задания:

1. Проанализировать случаи сильной и слабой связи в модели Кронига-Пенни
2. Описать качественное и количественное различие зонного строения полупроводников и диэлектриков. Указать способы влияния на запрещенную щель дефектов твердого тела как способ создания материалов с управляемыми свойствами.
3. Перечислить виды квазичастиц в твердых телах и дать их определения
4. Описать явления в сильных электрических полях и указать способы управления свойствами полупроводников внешними напряжениями
5. Перечислить виды взаимодействия света с твердым телом и проанализировать влияние электромагнитного излучения на свойства твердых тел
6. Проанализировать свойства магнитных материалов, которые могут быть использованы

Студент должен владеть навыками:

Навыки использования законов естественных для решения задач профессиональной деятельности в области нефтегазового производства

Задания:

1. Расписать электронную конфигурацию атома алюминия и определить количество уровней и заполнение зоны проводимости кристалла алюминия.
2. Кристаллографическая плоскость отсекает отрезки, равные  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 1. Определить индексы Миллера для этой плоскости. Сделать построения.
3. Кристаллографическая плоскость отсекает отрезки, равные  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ . Определить индексы Миллера для этой плоскости. Сделать построения.
4. Построить плоскость по индексам Миллера (0 0 2).

### **8.3. Вопросы промежуточной аттестации**

#### **Седьмой семестр (Экзамен)**

1. Предмет Физики конденсированного состояния. Основные проблемы и этапы становления науки.
2. Классификация твердых тел. Типы связи.
3. Энергия связи.
4. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы.
5. Ковалентные кристаллы. Металлы. Плотнейшие упаковки.
6. Кристаллические решетки. Вектор трансляции. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка Вигнера-Зейтца.

7. Решетки Браве. Сингонии. Индексы Миллера.
8. Элементы симметрии кристаллов. Точечная группа симметрии.
9. Пространственные группы симметрии.
10. Дифракция в кристаллах. Закон Вульфа-Брэгга. Основные дифракционные методы.
11. Обратная решетка: свойства, физический смысл.
12. Зоны Бриллюэна.
13. Классификация дефектов кристаллического строения
14. Точечные дефекты: основные типы, равновесная концентрация,
15. Точечные дефекты: дефекты Шоттки и Френкеля.
16. Центры окраски. Радиационные дефекты.
17. Краевые дислокации.
18. Винтовые дислокации.
19. Контур и вектор Бюргерса. Энергия дислокации.
20. Источники дислокаций.
21. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц.
22. Уравнение Шредингера для твердого тела. Адиабатическое приближение.
23. Уравнение Шредингера для твердого тела: Одноэлектронное приближение. Метод Хартри-Фока. Функция Блоха.
24. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Свободный электрон и электрон в кристалле. Квазиимпульс. Энергетические зоны.
25. Энергетический спектр электрона в кристалле. Модель Кронига-Пенни. Случаи сильной и слабой связи.
26. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
27. Электронный газ Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Температура Ферми.
28. Эффективная масса электрона.
29. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Донорные примеси.
30. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Акцепторные примеси.
31. Собственная проводимость полупроводников. Удельная электропроводность.
32. Проводимость примесных полупроводников.
33. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Разогрев электронного газа и эффект Ганна.
34. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Ударная ионизация и эффект Зинера.
35. Электропроводность диэлектриков. Основные механизмы проводимости в диэлектриках.
36. Поляризация диэлектриков. Типы упругой и тепловой поляризации.
37. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация.
38. Дипольная и тепловая поляризация. Ионная тепловая поляризация. Электронная тепловая поляризация.
39. Пьезоэлектрический эффект.
40. Пироэлектрический эффект.
41. Сегнетоэлектрики.
42. Механические свойства твердых тел. Тензор напряжений.
43. Упругая деформация. Математические основы деформированного состояния. Тензор деформации.
44. Оптические свойства твердых тел. Виды взаимодействия света с твердым телом.
45. Поглощение света кристаллами (поглощение свободными носителями, решеточное поглощение, экситонное поглощение и т.д.)
46. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков.
47. Сверхпроводимость. Суть явления.
48. Своства сверхпроводников.

#### **8.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,**

## **навыков и (или) опыта деятельности**

Промежуточная аттестация обучающихся ведется непрерывно и включает в себя: для дисциплин, завершающихся (согласно учебному плану) зачетом/зачетом с оценкой (дифференцированным зачетом), – текущую аттестацию (контроль текущей работы в семестре, включая оценивание промежуточных результатов обучения по дисциплине, – как правило, по трем модулям) и оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине;

для дисциплин, завершающихся (согласно учебному плану) экзаменом, – текущую аттестацию (контроль текущей работы в семестре, включая оценивание промежуточных результатов обучения по дисциплине, – как правило, по трем модулям) и семестровую аттестацию (экзамен) – оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.

По дисциплинам, завершающимся зачетом/зачетом с оценкой, по обязательным формам текущего контроля студенту предоставляется возможность набрать в сумме не менее 100 баллов.

Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине ведется по 100-балльной шкале, оценка формируется автоматически как сумма количества баллов, набранных обучающимся за выполнение заданий обязательных форм текущего контроля.

По дисциплинам, завершающимся экзаменом, по обязательным формам текущего контроля студенту предоставляется возможность набрать в сумме не менее 60 баллов.

Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине ведется по 100-балльной шкале, оценка формируется автоматически как сумма количества баллов, набранных обучающимся за выполнение заданий обязательных форм текущего контроля и количества баллов, набранных на семестровой аттестации (экзамене).

Система оценивания.

В соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости обучающихся Волгоградского государственного университета предусмотрена возможность предоставления студентам выполнения дополнительных заданий повышенной сложности (не включаемых в перечень обязательных и, соответственно, в перечень обязательного текущего контроля успеваемости) и получения за выполнение таких заданий «премиальных» баллов, – для поощрения обучающихся, демонстрирующих выдающие способности.

Знания студентов по учебной дисциплине «Физика конденсированного состояний веществ» оценивается по 100 балльной системе. В течение семестра по дисциплине проводится текущий контроль (работа на лекции, выполнение самостоятельных работ, подготовка сообщений, выполнение модульных контрольных работ) и промежуточный контроль (экзамен). За работу в течение семестра по итогам работы на лекциях, выполнении контрольных модульных работ и выполнении самостоятельных работ студент может набрать до 60 баллов. Особые результаты работы в течение семестра позволяют студенту набрать и большее количество баллов, вплоть до 100. Экзамен по учебной дисциплине «Физика конденсированного состояний веществ» проводится в письменной форме. На экзамене студент может набрать до 40 баллов. В качестве итогового контроля - промежуточной аттестации - на экзамене по решению преподавателя и с согласия студента могут быть использованы результаты текущего контроля, которые суммируются с результатами экзамена. Знания и умения студента определяются следующими оценками: 91-100 баллов – «отлично», 71-90 баллов – «хорошо», 60-70 баллов – «удовлетворительно».

## **9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **9.1 Основная литература**

1. Кульков В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении [Электронный ресурс]: - Издание 1-е изд, 2017. - 272 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90003>

2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: - Издание 4-е изд., стер. - Лань, 2011. - 288 с. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=2023](https://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2023)

## **9.2 Дополнительная литература**

1. Кульков В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении [Электронный ресурс]: - Издание 1-е изд, 2017. - 272 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90003>

В качестве учебно-методического обеспечения могут быть использованы другие учебные, учебно-методические и научные источники по профилю дисциплины, содержащиеся в электронно-библиотечных системах, указанных в п. 11.2 «Электронно-библиотечные системы».

## **9.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://lib.volsu.ru> - Электронная библиотека Волгоградского государственного университета

2. <http://ibooks.ru/> - Электронная библиотечная система учебной и научной литературы

3. <https://www.biblio-online.ru/> - ЭБС Юрайт

4. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань"

## **10. Методические указания по освоению дисциплины для лиц с ОВЗ и инвалидов**

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального учебного плана (при необходимости), изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях:

- индивидуальные консультации преподавателя;
- максимально полная презентация содержания дисциплины в ЭИОС (в частности, полнотекстовые лекции, презентации, аудиоматериалы, тексты для перевода и анализа и т.п.).

## **11. Перечень информационных технологий**

В учебном процессе активно используются информационные технологии с применением современных средств телекоммуникации; электронные учебники и обучающие компьютерные программы. Каждый обучающийся обеспечен неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. ЭИОС предоставляет открытый доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к электронным библиотечным системам и электронным образовательным ресурсам.

### **11.1 Перечень программного обеспечения**

**(обновление производится по мере появления новых версий программы)**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специализированная мебель:

парта со скамьей- 50 шт.

учебные места - 100 шт.

рабочее место преподавателя (стол и стул) – 1 шт.

доска аудиторная- 2 шт.

Учебно-наглядные презентационные материалы, демонстрируемые с помощью мультимедийного оборудования по дисциплине.

Демонстрационное оборудование:

1. Доска (маркерная, магнитная) – 2 шт.
2. Проектор ToshibaTDP-T98
3. Экран для проектора

**11.2 Современные профессиональные базы данных и информационно-справочные системы, в т.ч. электронно-библиотечные системы (обновление выполняется еженедельно)**

| Название                                  | Краткое описание   | URL-ссылка  |
|---|--|---|
| Научная электронная библиотека            | Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования.   | <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>                           |
| ЭБС "Лань"                                | Электронно-библиотечная система  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                     |
| ЭБС Znanium.com                           | Электронно-библиотечная система  | <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>                         |
| ЭБС BOOK.ru                               | Электронно-библиотечная система  | <a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>                         |
| ЭБС Юрайт                                 | Электронно-библиотечная система  | <a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>       |
| Scopus                                    | Scopus – крупнейшая единая база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой научной литературы, со встроенными инструментами отслеживания, анализа и визуализации данных. В базе содержится 23700 изданий от 5000 международных издателей, в области естественных, общественных и гуманитарных наук, техники, медицины и искусства. | <a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>                     |
| Web of Science                            | Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. С платформой Web of Science вы можете получить доступ к непревзойденному объему исследовательской литературы мирового класса, связанной с тщательно отобранным списком журналов, и открыть для себя новую информацию при помощи скрупулезно записанных метаданных и ссылок.                  | <a href="https://apps.webofknowledge.com/">https://apps.webofknowledge.com/</a> |
| КонсультантПлюс                           | Информационно-справочная система   | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>               |
| Гарант                                    | Информационно-справочная система по законодательству Российской Федерации  | <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>                       |
| Научная библиотека ВолГУ им О.В. Иншакова |  | <a href="http://library.volsu.ru/">http://library.volsu.ru/</a>                 |

**12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Технические средства обучения:

Компьютерный комплекс, Pentium 4, 1 GBDDR-400.

Система звукоусиления в составе: усилитель звука, микрофон, колонки