

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Основы теории конденсированного состояния

**Код модуля**  
1154659(1)

**Модуль**  
Физика конденсированного состояния

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Овчинников Александр Сергеевич	доктор физико-математических наук, доцент	Профессор	теоретической и математической физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

**Авторы:**

- **Овчинников Александр Сергеевич, Профессор, теоретической и математической физики**

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Основы теории конденсированного состояния**

<b>1.</b>	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	3	
<b>2.</b>	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Практические/семинарские занятия	
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	
<b>4.</b>	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	2
		Коллоквиум	1
		Домашняя работа	2

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Основы теории конденсированного состояния**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ОПК-1 -Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	принципы, с использованием соответствующих целей подходов и методов	
ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	З-1 - Сделать обзор основных методов теоретических и экспериментальных физических исследований У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	6,10	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа 1</i>	6,7	25
<i>домашняя работа 2</i>	6,14	25
<i>контрольная работа 1</i>	6,8	25
<i>контрольная работа 2</i>	6,16	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1</b>		

<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям –не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям –не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения

	обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Математическое описание кристаллической решетки.
2. Дифракция волн и частиц на кристалле
3. Межатомные силы различных классов твердых тел

Примерные задания

1. Определить плотность упаковки ПК, ОЦК, ГЦК и ГПУ решеток и решетки типа алмаза, считая атомы равновеликими шарами, касающимися друг друга.
2. Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки и отсекающей на осях кристалла отрезки длиной  $22 \text{ \AA}$ ,  $28 \text{ \AA}$  и  $19 \text{ \AA}$ , если параметры решетки составляют:  $a = 2.75 \text{ \AA}$ ,  $b = 2.80 \text{ \AA}$ ,  $c = 4.75 \text{ \AA}$ .
3. С помощью непосредственного построения убедиться, что решетка, обратная ГЦК, является ОЦК решеткой.
4. Вычислить объем элементарной ячейки, если ее параметры и углы триклинности имеют следующие значения:  $a = 11.13 \text{ \AA}$ ,  $b = 9.83 \text{ \AA}$ ,  $c = 8.17 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 94^\circ 95'$ ,  $\beta = 95^\circ 40'$ ,  $\gamma = \underline{96^\circ 58'}$ .
5. Найти векторы обратной решетки для ромбоэдрического кристалла, если  $a = 6.36 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 46^\circ 60'$ .

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### Базовый

##### 5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Колебания решетки и тепловые свойства. Связь между напряжениями и упругими деформациями.

Примерные задания

1. Кубический кристалл подвергнут растяжению в направлении [100]. Найти выражение для коэффициента Пуассона через упругие постоянные и модули упругости.

2. Определить закон дисперсии упругих волн в кристалле гексагональной системы.

3. Определить закон дисперсии двухатомной цепочки атомов с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Взаимодействие только с ближайшими соседями по гармоническому закону характеризуется константой  $\beta$ .

4. Найти ангармоническую поправку к высокотемпературной теплоемкости решетки твердого тела, если потенциальная энергия как функция смещений имеет вид

$$u = u_0 + \frac{ar^2}{2} - \beta r^3 - \gamma r^4.$$

Принять, что  $r \ll a$ , где  $a$  – межатомное расстояние в положении равновесия.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Теория энергетических зон электронов

Примерные задания

1. Пусть в узлах одномерной цепочки помещены электроны, которые занимают состояние с энергией  $W_0$ . Обозначим интеграл перескока между соседними узлами  $t_0$ , расстояние между соседними узлами –  $a$ . Найти спектр носителей тока в рамках этой модели, называемой моделью сильной связи.

2. Определить спектр электрона в периодическом потенциале на основе модели Кронига-Пенни.

3. В рамках модели Кронига-Пенни найти выражение для эффективной массы электрона в центре ( $k \approx 0$ ) и на краях ( $k \approx \pm\pi/a$ ) зоны Бриллюэна.

4. Найти ширину запрещенной зоны в спектре электронов в периодическом потенциале в приближении почти свободных электронов.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Математическое описание кристаллической решетки.

Примерные задания



1. Определить координационные числа и радиусы первой координационной сферы для решеток: простой кубической, ОЦК, ГЦК, ГПУ типа алмаза.
2. Показать, что кристаллическая решетка может иметь оси поворота лишь первого, второго, третьего, четвертого и шестого порядков.
3. Какое максимальное число линий может появиться на рентгенограмме простой кубической решетки с постоянной  $a = 2.86 \text{ \AA}$ , если исследование ведется на кобальтовом излучении с длиной волны  $\lambda = 1.789 \times 10^{-8} \text{ см}$ ?
4. Появятся ли на рентгенограмме линии при отражении от плоскостей (200) и (101) ГЦК решетки?

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Математическое описание кристаллической решетки.

Примерные задания

1. Определить, какой вид имеет обратная решетка для: простой кубической, гранецентрированной, объемно центрированной, гексагональной решеток и решетки типа алмаза.
2. Выразить объемы элементарных ячеек через радиусы  $R$  равновеликих шаров (атомов), образующих плотные упаковки для: ОЦК, ГЦК и гексагональной решеток.
3. Получить формулы для вычисления объемов элементарных ячеек: моноклинной (а), гексагональной (б), ромбоздрической (в) систем.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.5. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Межатомные силы различных классов твердых тел

Примерные задания

1. Энергия взаимодействия атома с другими атомами кристалла аппроксимируется выражением:

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^2} + \frac{\beta}{r^{10}}.$$

Межатомное расстояние в положении равновесия равно  $3 \text{ \AA}$ , энергия связи атома в кристалле равна  $4 \text{ эВ}$ . Найти силу, стремящуюся вернуть атомы в положение равновесия при увеличении или уменьшении межатомного расстояния на  $1\%$ . Какое давление нужно приложить к кристаллу для достижения такой деформации?

2. Величина модуля всестороннего сжатия для NaCl составляет  $B = 2.4 \times 10^{11} \text{ дин/см}^2$ , а расстояние между ионами в положении равновесия равно  $a = 2.82 \text{ \AA}$ . Пренебрегая температурной зависимостью величин, оценить параметры потенциала отталкивания, если энергия взаимодействия иона с другими ионами кристалла аппроксимируется выражением

$$U(r) = \beta \exp\left(\frac{\gamma}{r}\right) - \frac{\alpha e^2}{r}.$$

где  $\alpha = 1.7476$  — постоянная Маделунга.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Математическое описание кристаллической решетки. Решетка Браве. Прimitивная и элементарная решетка. Плотность упаковки.
2. Классификация кристаллических структур. 14 типов решеток по Браве. Операции симметрии кристаллических структур.
3. Индексы Миллера. Формула для расстояния между плоскостями решетки.
4. Обратная решетка и зона Бриллюэна.
5. Периодические функции и геометрический структурный фактор. Связь Фурье-образа произвольной периодической функции и геометрического структурного фактора.
6. Рентгеновское рассеяние на кристаллической решетке. Формула Брэгга-Вульфа. Связь с геометрическим структурным фактором.
7. Классификация межатомных сил в конденсированных средах. Вандервальсово притяжение в молекулярных кристаллах.
8. Ионные кристаллы. Константа Маделунга.
9. Обменное взаимодействие в кристаллах.
10. Теория молекулярного поля для ферромагнетика.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1	3-1	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Практические/семинарские занятия