

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)  
Институт физико-математического образования, информационных и  
обслуживающих технологий


Кафедра физики и методики преподавания физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИФМОИОТ  
 Е.Е. Горбенко  
«13» декабря 2023 г.



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
обучающихся по дисциплине «Физика твердого тела»  
По направлению подготовки 44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ (С ДВУМЯ ПРОФИЛЯМИ ПОДГОТОВКИ)

Профиль подготовки **Физика. Математика**  
Квалификация выпускника **бакалавр**  
Форма обучения **очная**  
Курс **5 (9 семестр)**

Разработчики:  
доцент кафедры физики и  
методики преподавания физики  
канд. физ.-мат. наук, доц.,  
Кара-Мурза С.В.  
заведующий кафедры физики  
и методики преподавания физики  
 Сильчева А.Г.  
«30» ноября 2023 г.

Луганск, 2023

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на овладение следующими компетенциями:

ПКО-1 – Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности

### 1.2. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Тема 1	ПКО-1	Решение задач.
Тема 2	ПКО-1	Проведение семинаров 1, 2, решение задач
Тема 5	ПКО-1	Решение задач
Тема 6	ПКО-1	Проведение семинара 3
Темы 1-6	ПКО-1	зачет (письменный)

### 1.3. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели)
ПКО-1	<p><b>Знания:</b> типов связи атомов и зависимости структуры вещества от типа связи, зонной структуры, электрических свойств полупроводников и металлов.</p> <p><b>Умения:</b> описывать кристаллическую решетку, рассчитывать энергию связи и зонной структуры, различать по типу связи металлы, полуметаллы, полупроводники и диэлектрики, описывать электропроводность металлов и полупроводников.</p> <p><b>Навыки:</b> расчета энергии статической ионной решетки, расчета электропроводности металлов и полупроводников.</p>

### 1.4. Критерии оценивания компетенции ПКО-1 на разных этапах их формирования (по 100-бальной шкале)

№	Вид работы	Баллы
1	Подготовка и защита реферата по теме одного семинара – 15 баллов	15x3= 45
2	Подготовка семинара и выступление на семинаре – 5 баллов	5x3=15
3	Работа на практических занятиях	15
4	Письменный теоретический отчет	25

<b>ВСЕГО:</b>	<b>100 баллов</b>
---------------	-------------------

**Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале**

<b>Четырехбал- льная система оценивания экзамена</b>	<b>100- балльная шкала</b>	<b>Буквенная шкала, соответствующая 100- балльной шкале</b>	<b>Система оценивания зачета</b>
Отлично	<b>90–100</b>	<b>А</b> – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	<b>83–89</b>	<b>В</b> – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	
Хорошо	<b>75–82</b>	<b>С</b> – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	
Удовлетво- рительно	<b>63–74</b>	<b>Д</b> – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	
Удовлетво- рительно	<b>50–62</b>	<b>Е</b> – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетво- рительно	<b>21–49</b>	<b>FX</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы	Не зачтено

		не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	
Неудовлетворительно	<b>0–20</b>	<b>Г</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	

## 2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 2.1. Оценочные средства текущего контроля (типовые)

#### Практические занятия

##### Практическое занятие 1

1. Определить количество формульных единиц в элементарной ячейке а) NaCl, кристаллизующегося в ГЦК структуре; б) LiJ, кристаллизующегося в ОЦК-структуре.

2. Найти постоянную  $a$  объемно-центрированной кубической решетки молибдена, плотность которого  $10,2 \text{ г/см}^3$

3. Найти постоянную  $a$  гранецентрированной кубической решетки меди, плотность которой  $8,9 \text{ г/см}^3$ .

4. Найти постоянную Маделунга для плоской решетки NaCl с использованием метода Эвальда. Посмотреть первую, вторую и третью ячейки Эвальда. Сравнить результаты. Постоянная решетки  $a$ .

Ответ:  $\alpha = 1,71$

##### Практическое занятие 2

1. Найти индексы Миллера плоскостей кубического кристалла:

а)  $A=2, B=3$ ; б)  $A=1, B= \frac{1}{2}, C=3$ ; в)  $B=2, C=1$ ; г)  $A=\frac{1}{2}, B=\frac{1}{3}, C=2$ .

2. Показать семейство плоскостей кубического кристалла, определяемых индексами Миллера

а) (120); б) (023); в) (112); г) (310)

3. Зная постоянную решетки  $a$ , определить межплоскостные расстояния  $d_{100}$ ,  $d_{110}$ ,  $d_{111}$  для кубической решетки:

а) простой; б) объемноцентрированной; в) гранецентрированной.

Ответ: а)  $a$ ,  $\frac{a}{\sqrt{2}}$ ,  $\frac{a}{\sqrt{3}}$ ; б)  $\frac{a}{2}$ ,  $\frac{a}{\sqrt{3}}$ ,  $\frac{a}{\sqrt{12}}$ ; в)  $\frac{a}{2}$ ,  $\frac{a}{\sqrt{3}}$ ,  $\frac{a}{\sqrt{3}}$

## МЕТАЛЛЫ

1. (4.2-3) Считая поверхность Ферми серебра сферой, вычислить:

- а) Радиус сферы Ферми в  $k$ -пространстве;
- б) скорость электронов с энергией Ферми;
- в) интервал между соседними энергетическими уровнями электронов проводимости вблизи уровня Ферми при абсолютном нуле температуры

Плотность и атомный вес серебра равны  $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ ,  $A = 107,87$ . Эффективную массу электрона принять равной массе свободного электрона. Считать, что на каждый атом приходится один свободный электрон. Объем металла  $1 \text{ см}^3$ . б) при какой энергии сфера Ферми коснется границ первой зоны Бриллюэна?

2. (4.11) Исходя из модели свободных электронов, показать, что число электронов, вылетающих со скоростью от  $v$  до  $v + dv$  в единицу времени с единичной поверхности металла, определяется выражением

$$\nu(v)dv = 2\pi \left( \frac{m}{h} \right)^3 \exp \left( -\frac{A_{\text{вых}} + mv^2/2}{kT} \right) v^3 dv$$

Считать, что работа выхода электрона из металла  $A_{\text{вых}} \gg kT$ . Определить плотность тока насыщения термоэлектронной эмиссии

3. (4.21) В случае натрия электропроводность при  $T = 300 \text{ К}$  равна  $2,17 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$  и  $m^* = 1,2m_0$ . Вычислить:

- а) среднюю длину свободного пробега электрона при  $300 \text{ К}$ ;
- б) дрейфовую скорость электрона в поле напряженностью  $100 \text{ В/м}$ ;
- в) расстояние, на которое переместится электрон в нити накаливания лампы длиной  $1 \text{ м}$ , если к ней приложено переменное напряжение  $110 \text{ В}$  с частотой  $60 \text{ Гц}$ .

$\rho = 0,97 \text{ г/см}^3$ , ОЦК решетка,  $A =$

### Практическое занятие 3

1. Считая поверхность Ферми серебра сферой, вычислить:

а) Радиус сферы Ферми в  $k$ -пространстве;

б) скорость электронов с энергией Ферми;

в) интервал между соседними энергетическими уровнями электронов проводимости вблизи уровня Ферми при абсолютном нуле температуры

Плотность и атомный вес серебра равны  $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ ,  $A = 107,87$ . Эффективную массу электрона принять равной массе свободного электрона. Считать, что на каждый атом приходится один свободный электрон. Объем металла  $1 \text{ см}^3$ . б) при какой энергии сфера Ферми коснется границ первой зоны Бриллюэна?

2. В случае натрия электропроводность при  $T = 300 \text{ К}$  равна  $2,17 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$  и  $m^* = 1,2m_0$ . Вычислить:

а) среднюю длину свободного пробега электрона при  $300 \text{ К}$ ;

б) дрейфовую скорость электрона в поле напряженностью  $100 \text{ В/м}$ ;

в) расстояние, на которое переместится электрон в нити накаливания лампы длиной  $1 \text{ м}$ , если к ней приложено переменное напряжение  $110 \text{ В}$  с частотой  $60 \text{ Гц}$ .

$\rho = 0,97 \text{ г/см}^3$ , ОЦК решетка,  $A =$

### Семинары

#### Семинар 1: Кристаллическая решетка

##### Вопросы

1. Кристаллическая решетка. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в решетке

(индексы Миллера).

1. Элементы симметрии и их обозначения

2. Точечные группы симметрии, кристаллографические классы и кристаллографические системы

3. Симметрия кристаллов и их физические свойства

4. Простейшие кристаллические структуры

## **Семинар 2: Рентгеновские методы исследования структуры вещества**

### **Вопросы**

1. Характеристическое рентгеновское излучение
2. Рентгеновская аппаратура
3. Межплоскостные расстояния. Формулы Вульфа-Брэгга и Лауэ. Сфера Эвальда
4. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов (метод порошков)
5. Определение межплоскостных расстояний. Фазовый анализ
6. Индексирование рентгенограммы поликристаллического вещества с кубической структурой

## **Семинар 3: Контактные явления**

### **Вопросы**

1. Контактные явления на границе двух металлов, на границе металл – полупроводник, p-n переход
2. Физические принципы работы полупроводниковых приборов
3. Термоэлектрические явления - эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона
4. Практические применения термоэлектрических явлений

## **2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (письменный зачет)**

### **Вопросы к зачету**

1. Типы связей атомов в твердых телах
2. Геометрия кристаллической решетки. Обратная решетка
3. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке
4. Колебания линейной цепочки атомов. Акустические колебания
5. Колебания линейной цепочки с базисом из двух атомов. Оптические колебания
6. Фононы. Роль ангармонизма колебаний
7. Теория Дебая теплоемкости кристаллической решетки
8. Уравнение Шредингера для электронов в кристалле. Волновые функции электронов в кристаллах
9. Образование энергетических зон в приближениях слабо и сильно связанных электронов
10. Классификация твердых тел в зонной теории.
11. Эффективная масса электрона. Электроны и дырки в полупроводниках как квазичастицы
12. Статистика электронов в металлах и полупроводниках
13. Электропроводность металлов (теория Друде)
14. Электропроводность металлов (теория Зоммерфельда)
15. Полупроводники. Общие свойства полупроводников.
16. Концентрация носителей зарядов в полупроводниках
17. Собственная и примесная проводимости полупроводников

19. Контактные явления . р-n переход в полупроводниках.
20. .Эффект Холла в полупроводниках и металлах