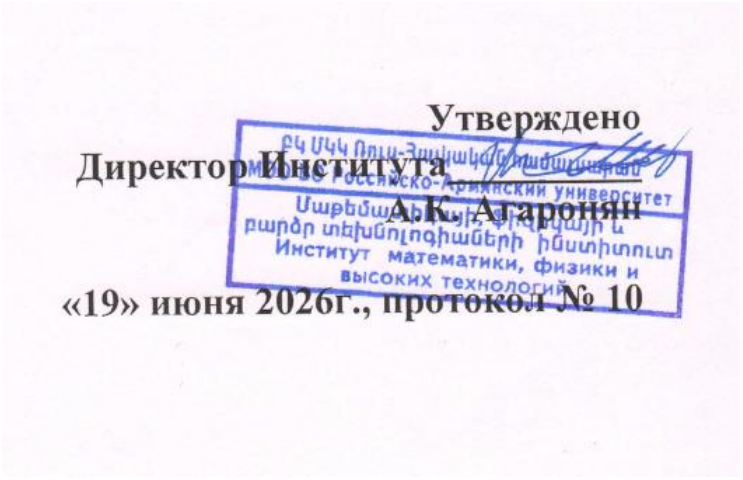
Межгосударственная образовательная организация высшего образования
«Российско-Армянский университет»



Утверждено
Директор Института _____
А.К. Агаронян
«19» июня 2026г., протокол № 10

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.06 Научные основы преподавания физики конденсированных сред

Автор (ы) _д.ф.-м.н., профессор Казарян Эдуард Мушегович
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая и оптическая электроника

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. **АННОТАЦИЯ**

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Физика конденсированного состояния является фундаментальной основой современной электроники и материаловедения. Ее большое прикладное значение обусловило то, что число исследований, выполняемых в этой области физики, превышает число исследований в других областях. Все это делает актуальной подготовку специалистов высшей квалификации по этому направлению.

Физика конденсированного состояния в настоящее время включает в себя многочисленные направления, охватить которые в рамках единой магистерской программы невозможно. При разработке данной программы учтено, какие тематики исследования в области физики конденсированного состояния в наибольшей степени представлены на физико-техническом факультете Российско-Армянского (Славянского) университета. К таким направлениям относятся: электронная теория металлов, квантовая теория твердого тела, физика полупроводников, элементарные возбуждения в твердых телах, физика низкоразмерных систем. По этим направлениям в РАУ работает 5 докторов и большое число кандидатов наук, под руководством которых магистранты выполняют научную работу и готовят магистерские диссертации.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

2 академических кредита / 72 академических часа. Форма итогового контроля — зачет.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Квантоворазмерные системы наноэлектроники, Прикладная квантовая физика, Квантовые наноструктуры во внешних полях, Полупроводниковая наноэлектроника.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*

		рабочим с учебным планом)	
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 УК-6.2 УК-6.3	Знает способы определения уровня самооценки и уровня притязаний как основы для выбора приоритетов собственной деятельности; определения приоритетов собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста. Умеет осуществлять оценку собственных (личностных, ситуативных, временных) ресурсов, выбор способов преодоления личностных ограничений на пути достижения целей. Владеет навыками оценки требований рынка труда и образовательных услуг для выстраивания траектории собственного профессионального Роста; навыками оценки собственного ресурсного состояния, выбор средств коррекции ресурсного состояния; навыками Оценка индивидуального личностного потенциала, выбор техник самоорганизации и самоконтроля для реализации собственной деятельности
ОПК-4	Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.1 ОПК-4.2	Выбирает методы расчета и проектирования объектов профессиональной деятельности; Выбирает оптимальные прикладные программные пакеты моделирования и проектирования для решения научно-исследовательских задач в сфере

		ОПК-4.3	профессиональной деятельности; Участвует в разработке математических моделей объектов профессиональной деятельности с использованием прикладных программных пакетов.

2. **УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

2.1. Цели и задачи дисциплины

Научные основы методики преподавания физики конденсированного состояния, разработка методических основ формирования понятий и представлений физики конденсированного состояния вещества. Задачи дисциплины:

Исходя из цели и гипотезы исследования, были поставлены следующие учебные задачи:

Определить роль и место основ физики конденсированного состояния вещества.

Проанализировать состояние теории и практики обучения физике конденсированного состояния вещества.

Проанализировать возможности задачного подхода к формированию физических понятий и представлений.

Разработать методические подходы к формированию понятий и представлений физики конденсированного состояния вещества.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**
		1 сем
1	**2**	**3**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**72**	**72**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**16**	**16**
1.1.1. Лекции	**16**	**16**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.		

1.1.3.Лабораторные работы		
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**56**	**56**
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Зачет**	**Зачет**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекции(ак. часов)**
1	**2=3+4**	**3**
Тема 1. Классическая теория электронного газа и её границы	**2**	**2**
Тема 2. Классические и квантовые	**2**	**2**
Тема 3. Свободный электронный газ и	**2**	**2**
Тема 4. Основы зонной теории твёрдого	**2**	**2**
Тема 5. Методы приближений в зонной теории	**2**	**2**
Тема 6. Классификация твёрдых тел на основе зонной структуры	**2**	**2**
Тема 7. Квазичастицы в твёрдотельной физике	**2**	**2**
Тема 8. Энергетический спектр и статистические свойства частиц	**2**	**2**
ИТОГО	**16**	**16**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Классическая теория электронного газа.

Модель Друде-Лоренца.

Успехи классической теории электронного газа.

Электропроводность металлов.

Закон Джоуля-Ленца.

Закон Видемана-Франца.

Трудности модели Друде-Лоренца.

Температурная зависимость удельного сопротивления от температуры.

Проблема закона Дюлонга-Пти для металлов.

Роль внедрения электронов в теплоемкость металлов.

Свободный электронный газ.

Модель Зоммерфельда.

Статистика Ферми для электронов.

Уровень Ферми при T=0.

Температурная зависимость уровня Ферми.

Теплоемкость электронного газа по Зоммерфельду.

Элементы зонной теории.

Одноэлектронное приближение: движение электронов в периодическом поле.

Слабая связь.

Сильная связь.

Метод псевдопотенциала.

Классификация твердых тел: металлы, полупроводники и диэлектрики на основе зонной теории.

Квазичастицы в современной физике.

Поле и частицы.

Частицы и квазичастицы.

Энергетический спектр и статистика частиц.

2.3.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебная аудитория для лекций.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	**Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)**		**Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)**	**Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля**
Вид учебной работы/контроля	**М1**[1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				

[1] Учебный Модуль

Устный опрос *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Решение задач	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. **Теоретический блок** ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

1.Жданов Г.С. – *Физика твёрдого тела*. — М.: Наука, 1980.

2.Келдыш Л.В., Курдюмов Г.В. (ред.) – *Физика конденсированных сред*. — М.: Наука, 1991.

3.Иванов В.К. – *Физика твёрдого тела*. — М.: Высшая школа, 2002.

4.Ломанов В.И. – *Методика преподавания физики в вузе*. — М.: Просвещение, 2003.

5.Китарев Е.А. – *Физика конденсированного состояния вещества*. — Екатеринбург: УрФУ, 2015.

6.Поляков В.М. – *Физика и методика преподавания физики: Конденсированные среды*. — СПб.: Питер, 2010.

4. **Фонды оценочных средств** ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

4.1. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

Тема 1. Классическая теория электронного газа и её границы

1. Опишите модель Друде. Как она объясняет электропроводность металлов?
2. В чём заключаются основные ограничения классической модели?
3. Подготовьте сравнительную таблицу: модель Друде vs модель Зоммерфельда.

Тема 2. Классические и квантовые модели теплоёмкости металлов

4. Почему классическая теория не объясняет теплоёмкость при низких температурах?
5. Опишите модель Эйнштейна и модель Дебая. В чём их преимущества?
6. Решите задачу: рассчитайте теплоёмкость кристалла при температуре 50 К в модели Дебая (параметры задать самостоятельно).

Тема 3. Свободный электронный газ и модель Зоммерфельда

7. Сформулируйте основные положения модели Зоммерфельда.
8. Что такое уровень Ферми? Объясните его физический смысл.
9. Найдите плотность состояний для свободного электронного газа и постройте её график.

Тема 4. Основы зонной теории твёрдого тела

10. Что такое зонная структура? Как она возникает?
11. Опишите суть метода почти свободных электронов.
12. Постройте схематично энергетические зоны и запрещённые промежутки для одномерного кристалла.

Тема 5. Методы приближений в зонной теории

13. Раскройте понятие эффективной массы и её физический смысл.
14. Подготовьте краткий обзор метода плотности состояний и его применения.
15. Выполните расчёт приближённой ширины запрещённой зоны в квазиклассическом приближении (условия задать).

Тема 6. Классификация твёрдых тел на основе зонной структуры

16. Объясните, чем отличается металл от полупроводника и диэлектрика с точки зрения зонной теории.
17. Сравните собственную и примесную проводимость.
18. Составьте таблицу: материал — ширина запрещённой зоны — тип проводимости.

Тема 7. Квазичастицы в твёрдотельной физике

19. Что такое квазичастица? Приведите примеры: фонон, экситон, магнон.

20. Объясните, как квазичастицы упрощают описание сложных систем.

21. Подготовьте презентацию: «Фононы и теплоёмкость твёрдого тела».

Тема 8. Энергетический спектр и статистические свойства частиц

22. Объясните различие между фермионами и бозонами.

23. Раскройте особенности распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

24. Решите задачу: найдите среднюю энергию электрона в металле при 0 К по статистике Ферми-Дирака.

4.2. Тематика рефератов для самостоятельных работ

1. **Классическая теория электронного газа и её границы применения в металлах**
   – Историческое развитие модели Друде.
   – Ограничения классического описания проводимости.
   – Сравнение с экспериментальными данными.
2. **Классические и квантовые модели теплоёмкости металлов**
   – Закон Дюлонга и Пти и его область применимости.
   – Модель Эйнштейна и Дебая: описание и сравнение.
   – Квантовые эффекты в теплоёмкости при низких температурах.
3. **Модель свободного электронного газа и модель Зоммерфельда**
   – Основные предположения модели Зоммерфельда.
   – Квантовые поправки к классической модели.
   – Применение модели к расчёту теплоёмкости и электропроводности.
4. **Основы зонной теории твёрдого тела**
   – Формирование энергетических зон в кристаллах.
   – Зона проводимости, валентная зона, запрещённая зона.
   – Влияние зонной структуры на свойства материалов.
5. **Методы приближений в зонной теории твёрдого тела**
   – Метод почти свободных электронов.
   – Метод сильной связи.
   – Примеры расчёта зонной структуры простых кристаллов.
6. **Классификация твёрдых тел на основе зонной структуры**
   – Отличие проводников, полупроводников и диэлектриков.
   – Роль ширины запрещённой зоны.
   – Примеры материалов и их зонные диаграммы.
7. **Квазичастицы в твёрдотельной физике и их роль в объяснении свойств материалов**
   – Понятие квазичастицы: дырки, фононы, экситоны.
   – Примеры использования квазичастиц для описания процессов в твёрдых телах.
   – Роль квазичастиц в объяснении теплопроводности и электропроводности.
8. **Энергетический спектр и статистические свойства частиц в твёрдых телах**
   – Распределение Ферми–Дирака и его физический смысл.
   – Плотность состояний в твёрдых телах.
   – Статистическое поведение электронов в металлах и полупроводниках.

Дополнительные варианты для углублённых рефератов:

1. Исторический обзор развития зонной теории твёрдого тела
2. Вклад квантовой статистики в развитие физики конденсированных сред
3. Сравнение классических и квантовых моделей в описании твёрдых тел
4. Использование моделей твёрдого тела в преподавании физики старшей школы
5. Методы визуализации зонной структуры в учебном процессе
6. Современные компьютерные симуляции зонной структуры и их использование в обучении
7. Квазичастицы как удобный инструмент преподавания сложных явлений физики твёрдого тела студентам

4.3. Перечень вопросов для зачета

Раздел 1. Классическая теория электронного газа.

Тема 1.1. Модель Друде-Лоренца

Тема 1.2. Успехи классической теории электронного газа

Тема 1.3. Электропроводность металлов. Закон Ома

Тема 1.4. Закон Джоуля-Ленца, закон Видемана-Франца

Раздел 2. Трудности модели Друде-Лоренца.

Тема 2.1. Численное значение средней длины свободного пробега

Тема 2.2. Температурная зависимость удельного сопротивления металлов от температуры

Тема 2.3. Электронная теплоемкость металлов по классической теории

СВОБОДНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ И МОДЕЛЬ ЗОММЕРФЕЛЬДА

Раздел 3. Свободный электронный газ. Модель Зоммерфельда

Тема 3.1. Статистика Ферми для электронов

Тема 3.2. Уровень Ферми при T=0. Температурная зависимость уровня Ферми

Тема 3.3. Средняя энергия электронов при T=0. Концентрационная зависимость.

Тема 3.4. Температурная зависимость средней энергии электронного газа.

Тема 3.5. Теплоемкость электронного газа по Зоммерфельду.

Раздел 4. Элементы зонной теории

Тема 4.1. Одноэлектронное приближение: движение электронов в периодическом поле.

Тема 4.2. Качественное объяснение расщепления атомных энергетических уровней (соотношение неопределенности $\Delta E \Delta T \geq h$, эффект Штарка)

Тема 4.3. Слабая связь, сильная связь. Метод псевдопотенциала.

Тема 4.4. Классификация твердых тел: металлы, полупроводники и диэлектрики на основе зонной теории.