

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника и Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:


Директор А.А. Саркисян

“21” июля 2023г.

Инженерно-физический институт

Кафедра: Общей физики и квантовых наноструктур

Автор(ы): д.ф.-м.н., профессор Казарян Эдуард Мушегович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.ДВ.03.01 «Научные основы преподавания физики конденсированных сред»

Направление: 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

**Основная образовательная программа магистратуры:
«Квантовая и оптическая электроника»**

1. Аннотация: 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.

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

3. Гипотеза исследования - формирование понятий и представлений физики конденсированного состояния вещества станет более эффективным, если будет осуществляться в процессе решения задач непрерывно, системно, в соответствии с уровнем теоретических знаний и познавательных возможностей студентов.

4. Учебные задачи: 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.

5. Теоретико-методологические основы курса научные основы методики преподавания физики конденсированного состояния вещества:

труды классиков физической науки по её методологическим аспектам (М. Борн, Н. Бор, В. Гейзенберг, П. Дирак, П.Л. Капица, Л.Д. Ландау, Р. Фейнман, А. Эйнштейн и др.);

философские, психологические и педагогические концепции познавательной деятельности (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, А.Н. Леонтьев, В.Г. Разумовский);

достижения и тенденции развития теории и методики обучения физике (С.Е. Каменецкий, В.В. Лаптев, А.С. Кондратьев, А.В.Усова и др.);

6.1 Требования к исходным уровням знаний и умений студентов: Теория поля, квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория твердого тела.

6.2 Взаимосвязь с другими дисциплинами специальности:

Квантоворазмерные структуры наноэлектроники, Оптические явления в наноструктурах; Философские вопросы физики.

7. Дидактическое значение обучения научным основам методики преподавания физики

конденсированного состояния. Физика конденсированного состояния несомненно имеет мировоззренческое значение, и её изучение отвечает необходимости освоения учащимися физической картины мира как основы интеграции естественнонаучных знаний. Действительно, процессы эволюции Вселенной, образования планет, в том числе и Земли, возникновения жизни связаны с формированием конденсированных веществ. Практически все области научной деятельности связаны с исследованием конденсированных веществ и с использованием методов физики конденсированного состояния вещества. В этой связи физика конденсированного состояния вещества может рассматриваться как мировоззренческая наука о строении и свойствах неживой и живой материи.

В основе теории твёрдого тела лежат непреходящие фундаментальные модели - электродинамика, квантовая механика, статистическая физика, термодинамика, изучаемые студентами в общем курсе физики. Освоение этой теории может служить предметным уроком применения фундаментальных законов физики к определённому классу объектов. Так, электронная теория твёрдого тела базируется на квантовой физике; представления о дефектной структуре реальных кристаллов - на термодинамике и статистической физике. В интенсивно развивающейся в настоящее время физике низкоразмерных систем, включая такие полупроводниковые структуры как квантовые ямы, нити и точки, стирается грань между физикой конденсированного состояния и физикой атома. Хотя размеры указанных микроструктур превышают размеры атомов, электроны в них ведут себя аналогично электронам в атоме. В этой связи квантовые точки часто называют искусственными атомами. Важно отметить, что при разработке физических моделей явлений в твёрдых телах часто оказываются одновременно востребованными знания различных разделов общего курса физики. В этой связи изучение физики конденсированного состояния вещества обладает значительным потенциалом интеграции знаний учащихся.

При том, что физика конденсированного состояния вещества основывается на фундаментальных моделях, дающих ключ к решению многих её принципиальных проблем, сама теория твёрдого тела была и остаётся источником новых модельных представлений физики. Выразительный хрестоматийный пример тому - работа А.Эйнштейна ("Теория изучения Планка и теория удельной теплоёмкости", опубликованная в 1907 году. Здесь А.Эйнштейн

предлагает модель кристалла как совокупности квантовых гармонических осцилляторов, что позволяет объяснить экспериментально наблюдаемое падение теплоёмкости твёрдого тела при понижении температуры. Эта работа, по общему признанию историков физики, легла в основу развития самой квантовой механики.

Вслед за работой Эйнштейна, ещё до создания модели атома Бора, трудами П.Дебая, М.Борна и Т.Кармана была построена теория колебаний кристаллической решётки, сохранившаяся практически в исходном виде до настоящего времени.

Ярким примером, относящимся к более позднему времени, является сформулированная в физике конденсированного состояния вещества концепция квазичастиц — элементарных возбуждений конденсированной среды, отражающих коллективное движение частиц твёрдого тела и обладающих свойствами квантовых частиц. Представляя энергию возбуждённого состояния кристалла вблизи основного состояния в виде суммы энергий отдельных квазичастиц, удаётся ввести понятие газа квазичастиц и использовать для анализа свойств твёрдого тела модельные представления молекулярно-кинетической теории. Таким образом, описание свойств твёрдого тела, представляющего собой систему сильно взаимодействующих частиц, сводится к задаче об идеальном (или почти идеальном) газе квазичастиц, параметры которых зависят от строения кристалла. Знания структуры твёрдого тела и характера движения частиц атомного масштаба позволяют установить, какие квазичастицы ответственны за то или иное явление. Концепция квазичастиц стала прообразом принятого в физике элементарных частиц подхода к частицам как возбуждениям вакуума. Роль вакуума относительно квазичастиц в теории твёрдого тела играет кристалл, находящийся в основном состоянии, а сами квазичастицы — его элементарные возбуждения.

8. Основные методы проведения занятий: лекции, семинары, самостоятельная работа.

9. Список литературы содержит 13 наименований книг, монографий и статей отечественных и зарубежных авторов; этот список поможет студентам освоить и создать свой профессиональный исследовательский инструментарий, обеспечить целостность обучения.

10. Краткое содержание курса: 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.

11. Трудоемкости дисциплины и видов учебной работы по учебному плану

Виды учебной работы	Всего (ак. час)
<i>Общая трудоемкость изучения дисциплины, в т.ч.:</i>	72 (2 кр.)
1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	18
1.1. Лекционные занятия	18
1.2. Семинарские занятия	-
1.3. Практические занятия	-
1.4. Лабораторные работы	-
2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	54
2.1. Контактная самостоятельная работа	-
2.2. Бесконтактная самостоятельная работа	54
<i>Итоговый контроль</i>	<i>Зачет</i>

12. Распределение весов по формам контроля

Веса и формы контролей	Вес формы текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля			Вес формы промежуточного контроля и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Веса итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Вес результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы / контроля								
Реферат						1		
Тест								
Курсовая работа								
Лабораторные работы								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей						0		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								1
Вес оценки экзамена/зачета в результирующей оценке итогового контроля								0
	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

13. Содержание дисциплины

13.1 Тематический план и трудоемкости аудиторных занятий

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Семинарские занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
Введение , место физики конденсированных сред на карте физики, принцип цикличности и его роль в процессе научного усвоения учебного материала.	1	1	-	-	-
Раздел 1. Классическая теория электронного газа.					
<i>Тема 1.1. Модель Друде-Лоренца</i> <i>Тема 1.2. Успехи классической теории электронного газа</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 1.3. Электропроводность металлов, Закон Ома.</i> <i>Тема 1.4. Закон Джоуля-Ленца, закон Видемана-Франца</i>	1	1	-	-	-
Раздел 2. Трудности модели Друде-Лоренца.					
<i>Тема 2.1. Численное значение средней длины свободного пробега</i> <i>Тема 2.2. Температурная зависимость удельного сопротивления металлов от температуры</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 2.3. Электронная теплоемкость металлов по классической теории</i>	1	1	-	-	-
Раздел 3. Свободный электронный газ. Модель Зоммерфельда					
<i>Тема 3.1. Статистика Ферми для электронов</i> <i>Тема 3.2. Уровень Ферми при $T=0$. Температурная зависимость уровня Ферми</i> <i>Тема 3.3. Средняя энергия электронов при $T=0$. Концентрационная зависимость.</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 3.4. Температурная зависимость средней энергии электронного газа.</i> <i>Тема 3.5. Теплоемкость электронного газа по Зоммерфельду.</i>	1	1	-	-	-
Раздел 4. Зонная теория					
<i>Тема 4.1. Одноэлектронное приближение: движение электрона в периодическом поле.</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 4.2. Качественное объяснение расщепления атомных энергетических уровней (соотношение неопределенности $\Delta E \Delta T \geq \hbar$, эффект Штарка)</i>	2	2	-	-	-
<i>Тема 4.3. Слабая связь, сильная связь. Метод псевдопотенциала.</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 4.4. Классификация твердых тел: металлы, полупроводники и диэлектрики на основе зонной теории.</i>	1	1	-	-	-
Раздел 5. Квазичастицы в современной физике					
<i>Тема 5.1. Поле и частицы</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 5.2. Частицы и квазичастицы</i>	2	2	-	-	-
<i>Тема 5.3. Энергетический спектр и статистика частиц</i>	1	1	-	-	-
<i>Тема 5.4. Некоторые виды квазичастиц: фононы, экситоны, магноны, электроны проводимости, плазмоны, поляроны, флуктуон, вакансионны, фононы в гелии</i>	2	2	-	-	-
ИТОГО	18	18	-	-	-

13.2 Содержание разделов и тем дисциплины

МОДУЛЬ 1.

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

Введение, место физики конденсированных сред на карте физики, принцип цикличности и его роль в процессе научного усвоения учебного материала.

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 $\Delta E \Delta T \geq \hbar$, 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.

КВАЗИЧАСТИЦЫ

Раздел 5. Квазичастицы в современной физике

Тема 5.1. Поле и частицы

Тема 5.2. Частицы и квазичастицы

Тема 5.3. Энергетический спектр и статистика частиц

Тема 5.4. Некоторые виды частиц: фононы, экситоны, магноны, электроны проводимости, плазмоны, поляроны, флуктуон, вакансии, фононы в гелии

14. Учебно-методическое обеспечение дисциплины 14.1.

Рекомендуемая литература

а) Основная литература

1. А.Б. Мигдал, В.П. Крайнов “Приближенные методы квантовой механики”. Изд. “Наука”, Москва, 1966.
2. А.И. Ансельм “Введение в теорию полупроводников”. Изд. “Наука”, Москва, 1978.
3. Э.М. Казарян, С.Л. Арутюнян “Элементы теории физики твердого тела”. Ереван, 2005, 323 стр.
4. А.Г. Гуревич “Физика твердого тела”. СПб, 2004.
5. И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов “Электронная теория металлов”. М., 1971.
6. М.И. Каганов, И.М. Лифшиц “Квазичастицы”. Изд. “Наука”, Москва, 1976.
7. Д. Пайнс “Элементарные возбуждения в твердых телах”, перевод с английского. Изд. “Наука”, Москва, 1965.
8. И.М. Лифшиц “Квазичастицы в современной физике” в сборнике “В глубь атома”. Изд. “Наука”, Москва, 1964.
9. Дж. Займан “Принципы теории твердого тела” перевод с английского. Изд. “Мир”, Москва, 1966.
10. Ф. Зейтц “Физика металлов”. М., ОГУЗ, 1947.
11. Н. Ашкрофт, Н. Мермин “Физика твердого тела”. М., 1982.

б) Дополнительная литература

1. М. Казарян “Простая физика в сложных явлениях”. Ереван, 2009, 271 стр.
2. В.А. Беляков, Е.С. Ицкевич и др. “Школьникам о современной физике: Электродинамика. Твердое тело”. М., 1982.

14.2. Программные средства освоения дисциплины

Mathematica 7.0.

14.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютер, проектор, слайдоскоп.