

Приложение 3 РПД Б1.Б.15

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 31 » 08 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Промышленная электроника

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Смоленск – 2015 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской, научно-исследовательской, монтажно-наладочной и сервисно-эксплуатационной деятельности по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- ОПК-1 «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, физическую природу магнетизма, основные типы магнетиков, свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости, основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов (ОПК-1).

Уметь:

- вести дискуссию по профессиональной тематике, объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах (ОПК-1).

Владеть:

- методами описания и механизмами взаимодействия электрического и электромагнитного полей с решеткой (ОПК-1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части дисциплин Б.15 цикла Б.1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Промышленная электроника», направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.5 «Математика»;

Б1.Б.6 «Физика»;

Б1.Б.7 «Экология»;

Б1.Б.8 «Химия»;

Б1.Б.14 «Материалы электронной техники».

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

- Б1.Б.16 «Физические основы электроники»;
- Б1.Б.17 «Нанoeлектроника»;
- Б1.В.ОД.3 «Математика 2»;
- Б1.В.ОД.4 «Методы математической физики»;
- Б1.В.ОД.7 «Математические основы цифровой техники»;
- Б1.В.ДВ.3.1 «Введение в электронику»;
- Б1.В.ДВ.3.2 «Вопросы профессиональной ориентации в области электронной техники»;
- Б2.У.1 «Учебная практика»;

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл:	Б.1	
Часть цикла:	Базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.15	
Часов (всего) по учебному плану:	108	5 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	5 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	5 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36	5 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,5, 54	5 семестр
Зачет	0,5, 18	5 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,125, 4,5
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,5,18
Подготовка к защите лабораторной работы (лаб)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0,375, 13,5
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	0,5, 18
Всего (в соответствии с УП):	1,5, 54
Подготовка к экзамену	-

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	сам	в т. ч. интракт.
1	2	3	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Структура твердых тел. Элементы кристаллографии	10	2	4		4	
2	Тема 2. Элементы физической статистики	10	2	4		4	
3	Тема 3. Зонная теория твердых тел	10	2	4		4	
4	Тема 4. Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки	10	2	4		4	
5	Тема 5. Тепловые свойства твердых тел	10	2	4		4	
6	Тема 6. Электрические свойства твердых тел	10	2	4		4	
7	Тема 7. Магнитные свойства твердых тел	10	2	4		4	
8	Тема 8. Фотонные кристаллы и их свойства	10	2	4		4	
9	Тема 9. Жидкие кристаллы и их свойства	8	2	6		4	
всего 108 часов по видам учебных занятий (включая 18 часов на подготовку к зачету)			18	36		36	

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Структура твердых тел. Элементы кристаллографии.

Лекция 1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твердых телах. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера). Обратная решетка и ее свойства. несовершенства и дефекты кристаллической решетки.

Практическое занятие 1. Основные типы связей в твердых телах.

Практическое занятие 2. Внутренняя структура твердых тел. Обратная решетка.

Самостоятельная работа 1. Классификация тел по кристаллическим структурам. Элементы симметрии в кристаллах, трансляционная симметрия, ячейка Вигнера-Зейтца. Явление полиморфизма..

Самостоятельная работа 2. Классификация твердых тел по кристаллографической симметрии. Периодические функции для трансляционных векторов.

Тема 2. Элементы физической статистики.

Лекция 2. Способы описания состояний макроскопической системы. Числа состояний для микрочастиц. Невырожденные и вырожденные системы частиц. Критерий невырожденного идеального газа. Невырожденный электронный газ.

Практическое занятие 3. Числа состояний для микрочастиц.

Практическое занятие 4. Электроны в металлах. Свободный электронный газ Ферми

Самостоятельная работа 3. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости.

Самостоятельная работа 4. Функции распределения вырожденных газов фермионов и бозонов. Снятие вырождения. Правила статистического усреднения.

Тема 3. Зонная теория твердых тел.

Лекция 3. Энергетические уровни свободных атомов. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии). Эффективная масса электрона. Заполнение энергетических зон электронами.

Практическое занятие 5. Энергетические уровни свободных атомов. Обобществление электронов в кристаллах.

Практическое занятие 6. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов. Эффективная масса электрона.

Самостоятельная работа 5. Обобществление электронов в кристаллах. Энергетический спектр электронов в кристалле.

Самостоятельная работа 6. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов..

Тема 4. Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки.

Лекция 4. Условия возникновения элементарных возбуждений в твердых телах. Время жизни элементарных возбуждений. Импульс фонона. Колебания в решетке, состоящей из одинаковых атомов, в приближении Борна-Кармана (БК-приближение). Спектр нормальных колебаний решетки кристалла. Функция распределения фононов по энергиям.

Практическое занятие 7. Динамика кристаллической решетки.

Практическое занятие 8. Спектр нормальных колебаний решетки кристалла.

Самостоятельная работа 7. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах..

Самостоятельная работа 8. Динамика решетки с двумя атомами в примитивной ячейке в приближении Борна-Кармана. Нормальные колебания решетки кристалла..

Тема 5. Тепловые свойства твердых тел.

Лекция 5. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур. Теплоемкость электронного газа. Тепловое сопротивление решетки кристалла, его связь с процессами переброса. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур. Теплопроводность металлов.

Практическое занятие 9. Теплоемкость твердого тела. Область низких температур.

Практическое занятие 10. Теплоемкость твердого тела. Область высоких температур.

Самостоятельная работа 9. Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Уравнение теплопроводности.

Самостоятельная работа 10. N- и U-процессы передачи импульса в кристаллической решетке.

Тема 6. Электрические свойства твердых тел.

Лекция 6. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля. Время релаксации и длина свободного пробега электронов. Электропроводность невырожденного и вырожденного электронного газа. Связь тепловых и электрических свойств кристаллов. Закон Видемана-Франца-Лоренца. Зависимость подвижности носителей зарядов от температуры. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов. Теория Бардина-Купера-Шриффера сверхпроводимости в металлах и сплавах (БКШ-теория).

Практическое занятие 11. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля.

Практическое занятие 12. Электропроводность невырожденного и вырожденного электронного газа. Связь тепловых и электрических свойств кристаллов. Закон Видемана-Франца-Лоренца.

Самостоятельная работа 11. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника. Образование электронных пар Купера.

Самостоятельная работа 12. Поведение сверхпроводника во внешнем электрическом и магнитном полях. Условия перехода от нормального к сверхпроводящему состоянию проводника. Разрушение сверхпроводимости внешним полем.

Тема 7. Магнитные свойства твердых тел.

Лекция 7. Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства атомов. Полный магнитный момент атома. Классификация магнитных материалов. Диамагнетизм. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Классическая и квантовая модели парамагнетизма. Парамагнетизм электронного газа. Температуры Кюри и Нееля.

Практическое занятие 13. Магнитное поле в магнетиках Магнитные свойства атомов. Полный магнитный момент.

Практическое занятие 14. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Температуры Кюри и Нееля.

Самостоятельная работа 13. Квантовая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнетизма.

Самостоятельная работа 14. Доменная структура ферромагнетизма. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты.

Тема 8. Фотонные кристаллы и их свойства.

Лекция 8. Общие сведения о фотонных кристаллах. Основные положения теории фотонных запрещенных зон. Дефекты в фотонных кристаллах..

Практическое занятие 15. Зонная структура фотонного кристалла.

Практическое занятие 16. Дефекты в фотонных кристаллах.

Самостоятельная работа 15. Классификация фотонных кристаллов и их основные свойства.

Самостоятельная работа 16. Методы получения фотонных кристаллов. Способы управления фотонами.

Тема 9. Жидкие кристаллы и их свойства.

Лекция 9. Общие сведения о жидких кристаллах. Классификация жидких кристаллов. Свойства жидких кристаллов.

Практическое занятие 17. Свойства жидких кристаллов.

Самостоятельная работа 17. Молекулярное строение и структура жидких кристаллов.

Самостоятельная работа 18. Фазовые переходы в жидких кристаллах.

Экзамен (зачет)

Изучение дисциплины заканчивается зачетом. Зачет проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся на кафедральном сайте размещены: демонстрационные слайды лекций, описания практических занятий.

Доступ к этим материалам возможен с любых компьютеров, подключенных к сети Интернет (адрес сайта <http://www.eimt.ru/bakalavriat/ecm>).

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: общепрофессиональная ОПК-1.

Указанная компетенция формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных задач на практических занятиях, успешной сдачи зачета.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Степень формирования теоретических знаний оценивается в ходе проверки ответов на контрольные вопросы при проведении практических занятий. Получение правильных ответов более чем на 50% контрольных вопросов, свидетельствует об успешном выполнении этапа формирования теоретических знаний, предусмотренных компетенциями.

Степень формирования практических умений и навыков оценивается проверкой индивидуальных заданий, выполняемых в ходе практических занятий и самостоятельной работы студентов. Получение положительных оценок по итогам проверки этих работ свидетельствует об успешном выполнении этапа формирования практических умений и навыков, предусмотренных компетенциями.

Степень закрепления теоретических знаний и практических навыков оценивается ходе сдачи теоретической и практической частью экзамена (зачета). Получение положительной оценки по экзамену свидетельствует об успешном выполнении этапа закрепления теоретических знаний и практических навыков, предусмотренных компетенциями.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольные вопросы по дисциплине

1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация.
2. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твердых телах.
3. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ и с базисом.
4. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера).
5. Классификация тел по кристаллическим структурам.
6. Элементы симметрии в кристаллах, трансляционная симметрия, ячейка Вигнера-Зейтца.
7. Классификация твердых тел по кристаллографической симметрии.
8. Периодические функции для трансляционных векторов.
9. Обратная решетка и ее свойства.

10. Несовершенства и дефекты кристаллической решетки.
11. Способы описания состояний макроскопической системы.
12. Числа состояний для микрочастиц.
13. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости.
14. Невырожденные и вырожденные системы частиц.
15. Критерий невырожденного идеального газа.
16. Функции распределения вырожденных газов фермионов и бозонов.
17. Снятие вырождения.
18. Невырожденный электронный газ.
19. Правила статистического усреднения.
20. Энергетические уровни свободных атомов.
21. Обобществление электронов в кристаллах.
22. Энергетический спектр электронов в кристалле.
23. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).
24. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов.
25. Эффективная масса электрона.
26. Заполнение энергетических зон электронами.
27. Условия возникновения элементарных возбуждений в твердых телах.
28. Время жизни элементарных возбуждений.
29. Импульс фонона. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах.
30. Колебания в решетке, состоящей из одинаковых атомов, в приближении Борна-Кармана (БК-приближение).
31. Динамика решетки с двумя атомами в примитивной ячейке в приближении Борна-Кармана.
32. Нормальные колебания решетки кристалла. Спектр нормальных колебаний решетки кристалла.
33. Функция распределения фононов по энергиям.
34. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур.
35. Теплоемкость электронного газа.
36. Ангармонические взаимодействия в кристаллах.
37. Уравнение теплопроводности.
38. Тепловое сопротивление решетки кристалла, его связь с процессами переброса.
39. N- и U-процессы передачи импульса в кристаллической решетке.
40. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур.
41. Теплопроводность металлов.
42. Равновесное состояние электронного газа.
43. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля.
44. Время релаксации и длина свободного пробега электронов.
45. Электропроводность невырожденного и вырожденного электронного газа.
46. Связь тепловых и электрических свойств кристаллов. Закон Видемана-Франца-Лоренца.
47. Зависимость подвижности носителей зарядов от температуры.
48. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов.
49. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника. Образование электронных пар Купера.
50. Теория Бардина-Купера-Шриффера сверхпроводимости в металлах и сплавах (БКШ-теория).
51. Поведение сверхпроводника во внешнем электрическом и магнитном полях.
52. Условия перехода от нормального к сверхпроводящему состоянию проводника.
53. Разрушение сверхпроводимости внешним полем.

54. Магнитное поле в магнетиках.
55. Магнитные свойства атомов. Полный магнитный момент атома.
56. Классификация магнитных материалов. Диамагнетизм.
57. Магнитная восприимчивость диамагнетиков.
58. Классическая и квантовая модели парамагнетизма.
59. Парамагнетизм электронного газа.
60. Квантовая природа ферромагнетизма.
61. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнетизма.
62. Температуры Кюри и Нееля.
63. Доменная структура ферромагнетизма.
64. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты.
65. Общие сведения о фотонных кристаллах.
66. Классификация фотонных кристаллов и их основные свойства.
67. Основные положения теории фотонных запрещенных зон.
68. Дефекты в фотонных кристаллах.
69. Методы получения фотонных кристаллов.
70. Способы управления фотонами.
71. Общие сведения о жидких кристаллах.
72. Классификация жидких кристаллов.
73. Молекулярное строение и структура жидких кристаллов.
74. Фазовые переходы в жидких кристаллах.
75. Свойства жидких кристаллов.

Типовые задачи

1. Определить энергию притяжения двух ионов $U_{\text{п}}$ с равными по величине $|q_1| = |q_2| = |e|$ и противоположными по знаку зарядами для $r = 1,5 \text{ \AA}$.
2. Найти расстояние между соседними параллельными плоскостями d , одна из которых отсекает на осях координат отрезки $A = 3a$, $B = 5a$ и $C = 6a$, если постоянная кристаллической решетки $a = 2 \text{ \AA}$.
3. Для кубической решетки с ребрами $a_1 = a_2 = a_3 = 1 \text{ \AA}$, найти объем обратной решетки $V_{\text{об}}$.
4. Оценить среднее значение энергии электронов $\langle E \rangle$ в металле (при $T = 0 \text{ K}$) если скорость движения электронов $v_{\text{F}} = 10^{-6} \text{ м/с}$.
5. Вычислить значение скорости движения электронов в металле v_{F} (при $T=0 \text{ K}$) для $E_{\text{F}} = 3 \text{ Эв}$.
6. Вычислить значение E_{F} электронов в металле (при $T=0 \text{ K}$) если скорость движения $v_{\text{F}} = 10^{-6} \text{ м/с}$.
7. Оценить ускорение w с которым движется электрон под влиянием внешнего электрического поля напряженностью $\epsilon = 10 \text{ В/м}$, если он находится у вершины p -зоны, $A_p = 1 \text{ ЭВ}$, кристалла $a = 6 \text{ \AA}$.
8. Оценить значение обменного интеграла A_s для s -зоны электронных состояний, если известно, что у дна зон эффективная масса электронов составляет $m_s = 0,01m_0$ (m_0 – масса покоя электрона). Постоянная решетки кристалла $a = 5 \text{ \AA}$.
9. Найти эффективную массу электрона, находящегося у потолка s -зоны в периодическом поле кристалла с постоянной решетки $a = 1 \text{ \AA}$ и обменным интегралом $A_s = 1 \text{ Эв}$.
10. В кристалле при температуре $T = 100 \text{ K}$ рождаются нормальные колебания, при каждом испускается 8 фононов частоты ω_1 . Найти энергию рождаемых фононов и $\langle E \rangle$ возбуждаемого нормального колебания с частотой ω_1 при $T = 100 \text{ K}$ и $\Theta_{\text{D}} = 1000 \text{ K}$.
11. Определить число нормальных колебаний решетки металла при температуре $T = 50 \text{ K}$ в единице объема $V = 1 \text{ м}^3$. Скорость звука в кристалле $v_s = 10^3 \text{ м/с}$

12. Определить скорость звука в кристалле металла, если $\Theta_D = 109 \text{ K}$, плотность $\rho = 7,31 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; молярная масса $\mu = 115 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.
13. Вычислить теплоемкость $C_v(T)$ в твердом теле объемом $V = 10^{-6} \text{ м}^3$, возбуждаемых при $T = 40 \text{ K}$, если $\Theta_D = 467 \text{ K}$, $\rho = 7,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 56 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.
14. Определить среднюю длину свободного пробега электронов в металле, если при температуре $T = 300 \text{ K}$, коэффициент теплопроводности $k = 296 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$, электронная теплоемкость $C_e = 3 \cdot 10^4 \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{K)}$, энергия Ферми для электронного газа $E_F = 5 \text{ эВ}$, $\Theta_D = 167 \text{ K}$.
15. Найти количество теплоты U_N , требуемого для нагрева наночастицы с характерным размером $L = 10 \text{ нм}$ (постоянная решетки $a = 1 \text{ нм}$) от температуры $T_I = 0 \text{ K}$ до температуры $T = 1 \text{ K}$. Температура Дебая для материала наночастицы $\Theta_D = 100, \text{ K}$.
16. Найти скорость дрейфа v_d свободных электронов в металле под влиянием электрического поля $\epsilon = 50 \text{ В/м}$, время **релаксации** $\tau = 10^{-14} \text{ с}$.
17. Найти подвижность u свободных электронов в вырожденном электронном газе, если $\tau_F = 10^{-14} \text{ с}$.
18. Найти удельную электропроводность σ , **связанную** со свободным электронным газом (вырожденным) в металле, если время **релаксации** электронов $\tau = 10^{-14} \text{ с}$, а их концентрация n равна $5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.
19. Найти полный магнитный момент атома, если квантовое число $L = 0$, спиновое число $S = 0$, внутреннее квантовое число $I = 1$.
20. Найти намагниченность I_s 1 см^2 магнетика, если квантовое число $L = 0$, спиновое число $S = 0$, внутреннее квантовое число $I = 1$, плотность магнетика $\rho_M = 9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, молярная масса $\mu_M = 6 \times 10^{-2} \text{ кг/моль}$
21. Оценить парамагнитную восприимчивость электронного газа χ_e металла при $E_F = 5 \text{ эВ}$, если плотность магнетика $\rho_M = 9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, молярная масса $\mu_M = 6 \times 10^{-2} \text{ кг/моль}$.

Вопросы к зачету с оценкой

1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация
2. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера)
3. Обратная решетка и ее свойства. Несовершенства и дефекты кристаллической решетки
4. Числа состояний для микрочастиц. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости
5. Невырожденные и вырожденные системы частиц. Функция распределения вырожденного газа фермионов
6. Невырожденные и вырожденные системы частиц. Функция распределения вырожденного газа бозонов
7. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии)
8. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов
9. Эффективная масса электрона. Заполнение энергетических зон электронами
10. Функция распределения фононов по энергиям
11. Спектр нормальных колебаний решетки кристалла
12. Нормальные колебания решетки кристалла
13. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур
14. Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур
15. Тепловые свойства наночастиц в приближении Дебая
16. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля. Время релаксации и длина свободного пробега электронов
17. Электропроводность невырожденного и вырожденного электронного газа.

18. Связь тепловых и электрических свойств кристаллов. Закон Видемана-Франца-Лоренца
19. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника
20. Диамагнетизм. Магнитная восприимчивость диамагнетиков
21. Магнитные свойства атомов. Полный магнитный момент атома. Классификация магнитных материалов
22. Доменная структура ферромагнетизма. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты
23. Классификация фотонных кристаллов.
24. Фотонные кристаллы и их основные свойства.
25. Жидкие кристаллы и их основные свойства.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по выполнению и защите лабораторных работ, выполнению расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу, подготовке, оформлению и защите курсовых проектов (работ), подготовке и проведению зачетов и экзаменов. Все эти методические материалы размещены на сайте кафедры. Доступ к этим материалам возможен с любых компьютеров, подключенных к сети Интернет (адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>)

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная литература

1. Делоне, Н.Б. Основы физики конденсированного вещества. [Электронный ресурс]: . — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2011. — 234 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2727
2. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния: пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук ; под ред. Н.К. Мышкин. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>
3. Вшивков, С.А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 112 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4038

б) дополнительная литература

1. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — М.: ВИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. — 293 с. : ил. — (Учебник для высшей школы) (12 экземпляров на абонементе)
2. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: Учебное пособие / Ю. В. Петров – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. — 216 с (12 экземпляров на абонементе).
3. Фотонные кристаллы и нанокompозиты: структурообразование, оптические и диэлектрические свойства / под ред. В.Ф. Шабанов, В.Я. Зырянов. - Новосибирск : Сибирское отделение Российской академии наук, 2009. - 257 с. - (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 21). - ISBN 978-5-7692-1096-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98005>.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

Раздел «Учебные дисциплины бакалавриата» сетевого образовательного ресурса кафедры ЭИМТ, содержащий учебные и методические материалы. Адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>. Сайт зарегистрирован в каталоге электронных образовательных ресурсов НИУ «МЭИ», регистрационный номер 1451 (<http://ctl.mpei.ru/RDsc.aspx?p=1451>).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции раз в две недели, практические занятия каждую неделю и лабораторные работы раз в две недели. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект либо делать пометки в предварительно распечатанном учебном пособии по курсу (электронный вариант учебного пособия размещен на кафедральном сайте).

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета размещен на кафедральном сайте.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

При подготовке к **зачету с оценкой** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, размещенных на сайте кафедры необходимо пользоваться учебной литературой. Кроме «заучивания» материала экзамена, очень важно добиться состояния понимания изучаемых тем дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько упражнений на данную тему. Кроме того, очень по-

лезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл?, что даст это на практике?

При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Помните, что к современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и практических занятиях, при выполнении расчетных заданий. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса. В современных условиях именно самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, учебной и научной литературой, иной информацией, в том числе из сети Интернет, является основной формой обучения.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование слайд-проектора для демонстрации предварительно подготовленных слайдов, а также специализированной программы схемотехнического моделирования для демонстрации режимов работы, параметров и характеристик электронных схем.

При проведении **практических** занятий и **лабораторных работ** предполагается использование ПЭВМ и специализированной программы схемотехнического моделирования.

Во время **самостоятельной работы** и **подготовке к экзамену** студенты могут пользоваться учебной и методической литературой, размещенной на кафедральном сайте.

Для **консультирования** по непонятным вопросам курса лекций, практических и лабораторных работ студенты используют средства электронной почты.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, аудиосистема).

Практические занятия:

Компьютерный класс, оснащенный презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) для преподавателя и ПЭВМ для студентов.

Автор, к.т.н., доцент

Зав. кафедрой, д.т.н., доцент

С. П. Астахов

И.В. Якименко

Программа утверждена на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 14.05.2015 года, протокол №9.

Программа переутверждена в связи с изменением названия вуза на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 10.09.2015 года, протокол №1.