МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Высшая школа общей и прикладной физики
(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ _____ К.И. Рыбаков

«____» _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика твердого тела

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы
профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2017

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика твердого тела» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП и является дисциплиной по выбору, осваиваемой в седьмом семестре четвертого года обучения в бакалавриате.

Целями освоения дисциплины являются: углубленное изучение студентами методов физики твердого тела, знакомство с некоторыми современными проблемами этой области науки; а также формирование у студентов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 -способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (этап освоения – **завершающий**)	*У1(ПК-2) Уметь* пользоваться современными методами анализа, синтеза и обработки физической информации в соответствующей области физических исследований (физике твердого тела). *В1 (ПК-2) Владеть* навыками экспериментальной работы в области физики твердого тела в том числе и на современной приборной базе.
ПК-3 -готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (этап освоения – **завершающий**)	*З2 (ПК-3) Знать* приближение Хартри-Фока для описания эффектов электрон – электронного взаимодействия в твердых телах, модель Хартри-Фока для свободных электронов, основы теории экранировки в металлах, приближение Томаса – Ферми, теорию Линдхарда, осцилляции Фриделя, плазменные колебания, основные подходы теории ферми-жидкости, классическую и квантовую теорию колебаний решетки, основы теории когезии в твердых телах, основы теоретического описания транспортных явлений, кинетическое уравнение, приближение времени релаксации, закон Видемана-Франца, эффект Холла, основы теории скин-эффекта в металлах, гамильтониан Фрёлиха, канонические преобразования, методы диагонализации квадратичных по операторам рождения-уничтожения гамильтонианов. *У2 (ПК-3) Уметь* рассчитывать электронную и фононную части теплоемкости металлов и диэлектриков, рассчитывать теплопроводность и проводимость в металлах, циклотронную массу, потенциал точечного заряда в металле, электронные орбиты в твердом теле в магнитном поле, квазиклассический спектр электронов в твердом теле в магнитном поле, влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр, вклад рассеяния электронов на фононах в сопротивление, интерференционную поправку к проводимости, уметь применять метод вторичного квантования к системам взаимодействующих частиц. *В2 (ПК-3) Владеть* навыками решения задач, основанными на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов, из которых 67 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа; 16 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические за-

нятия); 16 часов – лабораторный практикум, 3 часа мероприятия промежуточной аттестации (зачет и экзамен)), 54 часов подготовка к экзамену, 95 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, **форма промежуточной аттестации по дисциплине**	**Всего (часы)**	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Взаимодействующие электроны в металлах	22	6	4		10	12
Электрон – фононное взаимодействие	22	6	4		10	12
Квантовые эффекты в проводимости	20	6	2		8	12
Фазовые переходы II рода	20	6	2		8	12
Элементы квантовой теории твердых тел	27	8	4		12	15
Фотолюминесценция полупроводниковых сверхрешеток	12			4	4	8
Излучательные характеристики p-n перехода	12			4	4	8
Комбинационное рассеяние света в твердых телах	12			4	4	8
Циклотронный резонанс в полупроводниках	12			4	4	8
в т.ч.текущий контроль			4	4		
Промежуточная аттестация – зачет					1	
Промежуточная аттестация - экзамен					2	54

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде принятия допусков к выполнению каждой лабораторной работы и отчетов о выполнении каждой лабораторной работы; решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на зачете и экзамене.

4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме занятий лекционного, семинарского и лабораторного типа. На занятиях используются современные физические измерительные приборы и оборудование,

применяются методы проблемного изложения материала. На занятиях разбираются решения задач различной степени сложности, связанных с изучаемыми физическими явлениями, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций дисциплины «Физика твердого тела», методическим пособиям и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы, подготовку и оформление отчетов о каждой выполненной лабораторной работе. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является зачет и экзамен, проводимые по окончании семестра.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала по дисциплине «Физика твердого тела»; подготовку к выполнению лабораторных работ с последующей сдачей допуска к выполнению каждой лабораторной работы; подготовку и оформление отчетов о каждой выполненной лабораторной работе с последующей их проверкой.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу.

Подготовка и оформление отчетов о выполненных лабораторных работах осуществляется раз в две недели в соответствии с графиком проведения лабораторных занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

Типовые задачи, предлагаемые студентам в качестве контрольных работ:

Задача 1. Вычислить асимптотику потенциала точечного заряда в металле в модели Линдхарда при конечной температуре.

Задача 2. Вычислить квантовую поправку к проводимости в магнитном поле.

Задача 3. Найти скачок теплоемкости при фазовом переходе II-ого рода в теории Ландау.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ПК-3: – готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания: *Знать* приближение Хартри-Фока для описания эффектов электрон – электронного взаимодействия в твердых телах, модель Хартри-Фока для свободных электронов, основы теории экранировки в металлах, приближение Томаса – Ферми, теорию Линдхарда, осцилляции Фриделя, плазменные колебания, основные подходы теории ферми-жидкости, классическую и квантовую теорию колебаний решетки, основы теории когезии в твердых телах, основы теоретического описания транспортных явлений, кинетическое уравнение, приближение времени релаксации, закон Видемана-Франца, эффект Холла, основы теории скин-эффекта в металлах, гамильтониан Фрёлиха, канонические преобразования, методы диагонализации квадратичных по операторам рождения-уничтожения гамильтонианов.	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения *Уметь* рассчитывать электронную и фононную части теплоемкости металлов и диэлектриков, рассчитывать теплопроводность и проводимость в металлах, циклотронную массу, потенциал точечного заряда в металле, электронные орбиты в твердом теле в магнитном поле, квазиклассический	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучаю-	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошиб-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все за-	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными не-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все за-

спектр электронов в твердом теле в магнитном поле, влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр, вклад рассеяния электронов на фононах в сопротивление, интерференционную поправку к проводимости, уметь применять метод вторичного квантования к системам взаимодействующих частиц.	щегося от ответа		все задания но не в полном объеме.	ками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	дания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	существенными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	дания, в полном объеме без недочетов
Навыки *В2 (ПК-3) Владеть* навыками решения задач, основанными на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.	Полное отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией	Отсутствие важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	Наличие базовых навыков решения простых задач	Наличие основных навыков решения типовых задач	Наличие основных навыков решения задач простой и средней степени сложности	Наличие основных навыков решения задач различной степени сложности	Наличие навыков решения задач различной степени сложности, в том числе нестандартных
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-2: – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»
Умения *Уметь* пользоваться современными методами анализа, синтеза и обработки физической информации в соответствующей области физических исследований (физике твердого тела).	Неумение пользоваться современными методами анализа, синтеза и обработки физической информации в соответствующей области физических исследований	Умение пользоваться современными методами анализа, синтеза и обработки физической информации в соответствующей области физических исследований
Навыки *Владеть* навыками экспериментальной работы в области физики твердого тела в том числе и на современной приборной базе.	Отсутствие соответствующих навыков	Демонстрация навыков экспериментальной работы в области физики твердого тела
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 70 %	70 – 100%

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в собеседовании по итогам сдачи отчетов о лабораторных работах. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	В целом удовлетворительная подготовка, возможно с заметными, но не грубыми ошибками или недочетами. Студентом получены допуски к выполнению всех лабораторных работ, выполнены все лабораторные работы согласно графику выполнения работ, подготовлены и сданы отчёты о всех лабораторным работам. При сдаче отчётов студент дает полный ответ на все теоретические вопросы собеседования, возможно с небольшими неточностями, допускаются негрубые ошибки при ответах на дополнительные вопросы. Полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей, возможно с не всегда полной обоснованностью выводов, и в целом демонстрируют знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки. Выполнение лабораторных работ от 70 до 100 %.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студентом получены допуски к выполнению не всех лабораторных работ, либо выполнены не все лабораторные работы согласно графику выполнения работ, либо подготовлены и сданы отчёты не о всех лабораторных работах. При сдаче отчётов студент дает ошибочные ответы как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы преподавателя, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки. Выполнение лабораторных работ до 70 %.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение задачи по одному из разделов курса.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий.
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше/

Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- сдача отчетов о выполнении лабораторных работ.
- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Перечень лабораторных работ, выполняемых при освоении дисциплины[1]:

1. Фотолюминесценция полупроводниковых сверхрешеток
2. Излучательные характеристики p-n перехода
3. Комбинационное рассеяние света в твердых телах
4. Циклотронный резонанс в полупроводниках

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Вопросы, выносимые на экзамен.

1) Приближение Хартри-Фока.
2) Модель Хартри-Фока для свободных электронов.
3) Энергия когезии в металлах. Экранировка в металлах.
4) Приближение Томаса - Ферми.
5) Теория Линдхарда. Осцилляции Фриделя.
6) Нестационарная теория Линдхарда.
7) Плазменные колебания.
8) Теория Ферми-жидкости.
9) Слабо неидеальный ферми-газ с отталкиванием. Концепция квазичастиц.
10) Магнитная восприимчивость ферми-жидкости.
11) Нулевой звук в ферми-жидкости.
12) Спиновые волны в ферми—жидкости.
13) Взаимодействие фононов с электронами. Переэкранировка.
14) Влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр.
15) Вклад рассеяния электронов на фононах в сопротивление.
16) Интерференционная поправка к проводимости.
17) Интерференционные эффекты в магнитном поле.

[1] Лабораторные работы выполняются студентами в соответствии с графиком выполнения работ, разрабатываемым преподавателем.

18) Эффект Аронова-Бома.
19) Теория Ландауэра.
20) Теория Ландау фазовых переходов 2 рода.
21) Скачок теплоемкости в рамках теории Ландау.
22) Изменение симметрии системы. Критерии применимости теории Ландау.
23) Флуктуации параметра порядка.
24) Вторичное квантование. Бозе- и Ферми- частицы.
25) Электрон во внешнем потенциале. Взаимодействующие электроны.
26) Гамильтониан сильной связи.
27) Модель Хаббарда.
28) Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
29) Гамильтониан Фрёлиха.
30) Взаимодействующие бозе-частицы. Частицы и дырки (античастицы).
31) Квадратичные по операторам рождения-уничтожения гамильтонианы.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенции ПК-2*:* – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта:

1) Сверхрешётка. Классификация сверхрешёток по расположению краёв валентной зоны и зоны проводимости.
2) Квантовая яма. Энергетический спектр электрона в квантовой яме.
3) Фотолюминесценция. Спектроскопия полупроводников и полупроводниковых структур по фотолюминесценции.
4) Механизмы излучательной рекомбинации. Особенности излучательной рекомбинации в p-n переходах.
5) Устройство диодов, внешний квантовый выход излучения, коэффициент полезного действия.
6) Вольт-амперные и спектральные характеристики светодиодов.
7) Стоксово и антистоксово рассеяние. Типы комбинационного рассеяния света, отличающиеся механизмами взаимодействия света с веществом. Частица-«посредник» в комбинационном рассеянии света.
8) схемы переходов при поглощении и комбинационном рассеянии света на фононах для Испускания фонона электроном и испускания фонона дыркой. Соответствующие диаграммы Фейнмана в полупроводниках.
9) Отличие комбинационного рассеяния света от фотолюминесценции и горячей фотолюминесценции.
10) Твердый раствор. Дислокации в кристалле. Причины их возникновения при выращивании гетероструктур. Релаксированный слой.
11) Классическая теория циклотронного резонанса.
12) Циклотронный резонанс в зоне проводимости и в валентной зоне. Квантующие магнитные поля.
13) Диапазон волн мягкого рентгеновского излучения. Источники рентгеновского излучения. Принцип работы рентгеновской трубки.

14) Формула дифракционной решетки, решётка как монохроматор.
15) φ-2φ сканирование.
16) Выражение для диэлектрической проницаемости вещества В модели свободного электрона.
17) Резистивное состояние сверхпроводников. Вихри.
18) Сила Лоренца. Эффект пиннинга. Вольт-амперная характеристика сверхпроводников.

Для оценки сформированности компетенции ПК-3*:* – готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований:

1. Найти затухание Ландау в вырожденной плазме.
2. Вычислить асимптотику потенциала точечного заряда в металле в модели Линдхарда при конечной температуре.
3. Найти электронный спектр (перенормировку скорости Ферми и показать неизменность поверхности Ферми) при учете электрон-фононного взаимодействия с помощью феноменологического обобщения подхода Хартри-Фока.
4. Вычислить квантовую поправку к проводимости для 1D, 2D, 3D.
5. Вычислить квантовую поправку к проводимости в магнитном поле.
6. Вычислить кондактанс баллистического канала.
7. Вычислить кондактанс канала с рассеянием на примесях.
8. Найти скачок теплоемкости при фазовом переходе II-ого рода в теории Ландау.
9. Проанализировать влияние внешнего поля на фазовый переход в теории Ландау. Найти восприимчивость.
10. Вычислить средний квадрат параметра порядка выше критической температуры.
11. Вычислить матричные элементы одночастичных и двухчастичных операторов, используя симметризованные и антисимметризованные волновые функции бозе- и ферми-частиц.
12. Получить оператор плотности частиц в представлении вторичного квантования.
13. Получить оператор плотности тока в представлении вторичного квантования.
14. Получить распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна из распределения Гиббса.
15. Получить коммутационные соотношения для полевых операторов бозе- и ферми-частиц.
16. Диагонализовать гамильтониан сильной связи на кубической решетке.
17. Оценка скорости звука в металле.
18. Получить гамильтониан фононов в представлении вторичного квантования.
19. Найти заряд дырки в ферми-системе.
20. Диагонализовать квадратичные формы ферми и бозе операторов (преобразование Боголюбова).
21. Найти оператор унитарного преобразования $a'=U^+a U$ для преобразования Боголюбова для ферми и бозе частиц.
22. Вычислить энергию электрона в модели Хартри-Фока с экранированным кулоновским взаимодействием.
23. Найти скорость нулевого звука в ферми-жидкости.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Физика твердого тела»

а) основная литература:

1) Теоретическая физика. Том 9. Статистическая физика.Ч.2. Теория конденсированного состояния. [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л. Д.,Лифшиц Е. М. - 4-е изд., исправл. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102966.html

2) Киттель Ч. - Квантовая теория твердых тел. - М.: Наука, 1967. - 491 с. – 98 экз.

3) Физика твердого тела: лаб. практикум : учеб. пособие для вузов : в 2 т. Т. 1. - М.: Высшая школа, 2001. - 364 с. - 49 экз.

б) дополнительная литература:

1) Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: в 2 т. [Т.] 2. - М.: Мир, 1979. - 422 с. - 8 экз.

2) Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика [Электронный ресурс]:Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. - 5-еизд., стереот.- М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922100540.html

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/statphys.htm
2) Приборы и техника эксперимента http://elibrary.ru/issues.asp?id=7954
3) X-Ray Interactions With Matter: http://www-cxro.lbl.gov/optical_constants

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для проведения занятий лабораторного типа используются комплексы экспериментального оборудования, большая часть из которых являются уникальными.

Для подготовки отчётов о лабораторных работах и для их графического представления, а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы _____ А.С. Мельников

_____ В.И. Гавриленко

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»
от _____ года, протокол № _____.

Председатель методической комиссии _____ А.М. Фейгин А.М.