

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор филиала МГУ в г.Сарове
Член-корреспондент РАН В.В. Воеводин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Физика конденсированных сред

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Экстремальные электромагнитные поля, релятивистская плазма
и аттосекундная физика

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Авторы–составители:

д.ф.-м.н., Профессор физического факультета МГУ А.Н.Рубцов

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Физика конденсированных сред»

В курсе изучаются концепции современной физики конденсированного состояния вещества, включая электронную структуру кристаллов, основы теории ферми-жидкости, основные типы возбуждений в твердотельных системах. Отдельное внимание уделено теории фазовых превращений, включая такие современные разделы, как топологические переходы. Во всех случаях, внимание уделяется физической стороне изучаемых явлений, включая оценки величин характерных масштабов температуры и энергии.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика конденсированных сред» реализуется на 1-ом курсе в 1-ом семестре и относится к обязательной части программы обучения.

В результате освоения дисциплины «Физика конденсированных сред» обучающийся кроме знаний предмета получает навыки применения ранее полученных знаний для решения новых научных и практических задач.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Освоение дисциплин «Электромагнетизм», «Электродинамика», «Оптика», «Математический анализ», «Квантовая механика», «Дифференциальные уравнения», «Теория колебаний», «Теория волн».

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<ul style="list-style-type: none">Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1).	<p>ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики.</p> <p>УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики.</p>
<ul style="list-style-type: none">Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2).	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики.</p> <p>УМЕТЬ используя знания в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики проводить научные исследования.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>
<ul style="list-style-type: none">Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области экстремальных	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики.</p> <p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и</p>

<p>электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики (СПК-3).</p>	<p>аттосекундной физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов. ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области экстремальных электромагнитных полей, релятивистской плазмы и аттосекундной физики.</p>
--	--

4. **Форма обучения:** очная

5. **Язык обучения:** русский

6. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Шкала масштабов твердых систем. Концепция квазичастиц

Атомная шкала масштабов — малые параметры физики микромира — модель желе — ферми-газ, вигнеровский кристалл — проблема кулоновского взаимодействия электронов в графене

Тема 2. Симметрия кристаллов. Фононы

Симметрия решетки — элементарная ячейка, зона Бриллюэна — колебания решетки — вторичное квантование, теория Дебая — эффект Мессбауэра

Тема 3 Связанные заряды

Диэлектрики в зонной теории — оптические и акустические фононы — поляритоны — взаимодействие электрона с оптическими фононами — поляроны; автолокализация

Тема 4. Полупроводники

Базовые определения и понятия физики полупроводников — свойства некоторых полупроводниковых материалов: Si, Ge, AlAs/GaAs — поглощение света полупроводниками вблизи края запрещенной зоны — экситоны

Тема 5. Металлы

Поверхность Ферми, электронная теплоемкость металлов — теорема Латтинжера — структура поверхности Ферми некоторых металлов — плазмоны — метод кинетического уравнения, затухание Ландау — расчет электронных свойств ab initio, методы Хартри-Фока и функционала плотности

Тема 6. Немагнитные материалы в магнитном поле

Циклотронный резонанс — квантование Ландау — макроскопический фактор вырождения уровней Ландау — целочисленный квантовый эффект Холла, эффект де Гааза — ван Альфена — квантованная холловская проводимость как защищенная величина

Тема 6. Магнетизм

Обменное взаимодействие, металлы побочных групп, спонтанное упорядочение — магноны как голдстоновские бозоны — закон дисперсии магнонов в изотропном ферромагнетике

Тема 7. Теория фазовых переходов

Теория Ландау — флуктуации — модель Изинга в случайном поле, нижняя критическая размерность — число Гинзбурга, верхняя критическая размерность — гипотезы подобия и универсальности, понятие о методах ренормгруппы

Тема 8. Беспорядок и корреляции

Андерсоновский диэлектрик, метод когерентного потенциала – модель Хаббарда, моттовские изоляторы

Тема 9. Топология в физике конденсированных сред

Модель Изинга в поперечном поле, преобразование Йордана-Вигнера – топологические инварианты – понятие о топологических диэлектриках

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	В том числе ауд. занятий			Семинаров	
			Общая аудиторная	Лекций	Семинаров		
Физика конденсированных сред	2	72	34	17	17	38	

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Физика конденсированных сред» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса, обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Шкала масштабов твердотельных систем. Концепция квазичастиц	4	1		1	2	Собеседование, опрос
2	Симметрия кристаллов. Фононы	8	2	-	2	4	
3	Полупроводники	6	2	-	1	4	
4	Металлы	6	2		1	4	
5	Немагнитные материалы в магнитном поле	8	1		3	4	
6	Магнетизм	8	2		2	4	
7	Теория фазовых переходов	8	2		2	4	
8	Беспорядок и корреляции	8	2		2	4	
9	Топология в физике конденсированных сред	8	2		2	4	
	Промежуточная аттестация	4				4	Зачет в устной форме
ИТОГО:		72	17	-	17	38	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Физика конденсированных сред» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности слушателей, качества ответов на вопросы лектора, аргументированности позиции студента, оценивается широта используемых им теоретических

знаний. В семестре в конце некоторых лекций проводятся несколько коротких контрольных работ (10 – 15 минут).

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика конденсированных сред» проводится в форме зачета. Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как короткий письменный ответ на поставленный вопрос по тематике предыдущей или текущей лекции, рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Короткая письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5

<p>ЗНАТЬ: базовые понятия физики конденсированного состояния вещества</p> <p>ОПК-3.Б 3-6</p>	<p>Отсутствие знаний базовых понятий физики конденсированного состояния вещества</p>	<p>В целом успешные, но не систематические знания базовых понятий физики конденсированного состояния вещества</p>	<p>В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания базовых понятий физики конденсированного состояния вещества</p>	<p>Успешные и систематические знания базовых понятий физики конденсированного состояния вещества</p>
<p>УМЕТЬ: объяснить излагаемый в курсе материал по физике конденсированного состояния вещества</p> <p>ОПК-3.Б У-6</p>	<p>Отсутствие умения объяснить излагаемый в курсе материал по физике конденсированного состояния вещества</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение объяснить излагаемый в курсе материал по физике конденсированного состояния вещества</p>	<p>В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение объяснить излагаемый в курсе материал по физике конденсированного состояния вещества</p>	<p>Успешное и систематическое умение объяснить излагаемый в курсе материал по физике конденсированного состояния вещества</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: методами оценок, по порядку величины, характерных масштабов для описываемых в курсе явлений</p> <p>ОПК-3.Б В-6</p>	<p>Отсутствие/фрагментарное методами оценок, по порядку величины, характерных масштабов для описываемых в курсе явлений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое методами оценок, по порядку величины, характерных масштабов для описываемых в курсе явлений</p>	<p>В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы методами оценок, по порядку величины, характерных масштабов для описываемых в курсе явлений</p>	<p>Успешное и систематическое владение методами оценок, по порядку величины, характерных масштабов для описываемых в курсе явлений</p>

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Пример:

1. Как ведет себя, в пределе низких температур, теплоемкость двумерного изолятора с линейным законом дисперсии фононов?
2. Оцените плазменную частоту протонной плазмы с концентрацией 10^{25} см^{-3}

3. Определите энергию связи экситона в полупроводнике с фоновой диэлектрической проницаемостью 20 и приведенной эффективной массой 0.1. Ответ выразите в эВ.
4. Дайте определение верхней и нижней критической размерностей. Чему они равны для модели Изинга?

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточного контроля успеваемости обучающихся в форме зачета:

1. Шкала масштабов микромира. Атомная система единиц. Малые параметры – постоянная тонкой структуры, малый параметр адиабатического приближения.
2. Модель желе – пределы высокой и низкой плотности
3. Оценка роли кулоновского взаимодействия в графене
4. Теория теплоемкости Дебая
5. Эффект Мессбауэра
6. Зонная теория электронов в кристаллах.
7. Поляроны в диэлектриках, автолокализация, прыжковая проводимость.
8. Поляритоны.
9. Полупроводники. Понятия электронов, дырок, эффективной массы. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
10. Базовые сведения о кремнии
11. Базовые сведения о германии.
12. Базовые сведения об арсенидах галлия и алюминия
13. Поглощение света прямозонными полупроводниками
14. Поглощение света непрямозонными полупроводниками
15. Экситоны. Размер и энергия связи экситона
16. Металлы в зонной теории. Электронная теплоемкость металлов.
17. Поверхность Ферми щелочных металлов, серебра, цинка.
18. Ферми-жидкость. Теорема Латтинжера.
19. Плазмоны – простейший вывод выражения для плазменной частоты
20. Кинетическое уравнение для электронной плазмы. Затухание Ландау.
21. Метод Хартри-Фока
22. Метод функционала плотности

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

Том 9. Статистическая физика. Ч.2. Ландау, Лифшиц (2004, 496с.)
Займан, Дж. Принципы теории твердого тела / Дж. Займан. - М.: [не указано], 2016. - 711 с.;

Дополнительная литература.

Интернет-ресурсы.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Для лекционной части курса требуются аудитория, оборудованная мультимедийным проектором, управляющим компьютером, экраном и обычной учебной доской.