

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теоретическая физика»**

для программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Калининград
2024

Лист согласования

Составитель: Юров А.В., д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 14 от «31» 01.2024 г.

Председатель Ученого совета
ОНК «Институт высоких технологий» Профессор, д.ф.-м.н.

Юров А.В.

Содержание:

1. Общая характеристика дисциплины	4
2. Объём дисциплины	4
3. Содержание дисциплины	5
4. Учебно-тематический план дисциплины	6
5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся	6
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	6
7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	11
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14

1. Общая характеристика дисциплины

Учебная дисциплина «**Теоретическая физика**» относится к числу дисциплин, направленных на подготовку и сдачу кандидатских экзаменов по научной специальности 1.3.3 Теоретическая физика.

Изучение учебной дисциплины «**Теоретическая физика**» базируется на знаниях и умениях, полученных аспирантами ранее в ходе освоения программного материала других учебных дисциплин.

Цель изучения дисциплины: формирование профессиональных компетенций: овладение основами логических знаний, необходимых для проведения научных исследований, теоретическими и экспериментальными методами при разработке новейших технологий, привитие навыков и умений, необходимых для самостоятельного выполнения научных исследований, применение знаний о современных методах исследования, формирование у аспирантов системы знаний, умений и навыков в области сбора анализа и обработки информации, связанной с выполнением научных исследований организационно-технологического характера.

Задачи дисциплины: приобретение аспирантами навыков и умений самостоятельно ставить задачи планируемого научного исследования и проводить их, делать выводы по результатам работы и правильно их формулировать в соответствии с целью и задачей проводимого исследования; изучение основных фундаментальных и прикладных проблем в области методологии научных исследований; формирование умения применять в практической деятельности современные методы исследования, ориентироваться в постановке задач и искать средства их решения, формирование навыков работы в научном коллективе, способность порождать новые идеи (креативность).

Язык реализации дисциплины - русский.

2. Объём дисциплины

Вид учебной работы	Всего, час.	Объём по семестрам	
		3	4
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (КР):	72	36	36
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	48	24	24
<i>Семинарские/ Практические занятия (СПЗ)</i>	24	12	12
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)	90	36	54
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)	18		18 КЭ
Общий объём часов	180	72	108

	В зачетных единицах	5	2	3
--	---------------------	---	---	---

3. Содержание дисциплины

№ пп	Наименование раздела/ темы	Содержание темы
1	Тема 1: Теоретическая механика	Введение. Предмет и задачи теоретической механики. Уравнение Лагранжа. Законы сохранения. Динамика системы взаимодействующих частиц. Малые колебания. Динамика твердого тела. Канонические уравнения.
2	Тема 2: Электродинамика.	Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля в вакууме.
3	Тема 3: Квантовая механика и физика элементарных частиц.	Введение. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым представлениям. Математический аппарат нерелятивистской квантовой механики. Точно решаемые задачи нерелятивистской квантовой механики. Приближенные методы квантовой теории. Упругое рассеяние частиц. Релятивистская теория частиц со спином 0 и .. Основы теории многих частиц. Физика элементарных частиц.
4	Тема 4: Статистическая физика и термодинамика	Введение. Основные принципы классической и квантовой статистики. Статистическое распределение для системы в термостате. Статистическая и феноменологическая термодинамика. Системы взаимодействующих частиц. Системы с переменным числом частиц. Квантовые статистики Ферми и Бозе. Флуктуации и броуновское движение. Кинетические уравнения.

4. Учебно-тематический план дисциплины

Номер раздела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	Л	СПЗ	СР	
	Семестр 3	72	36	24	12	36	
1	Тема 1: Теоретическая механика	36	18	12	6	18	
2	Тема 2: Электродинамика.	36	18	12	6	18	
3	Семестр 4	108	36	24	12	54	КЭ
4	Тема 3: Квантовая механика и физика элементарных частиц.	54	18	12	6	27	
5	Тема 4: Статистическая физика и термодинамика	54	18	12	6	27	
	Общий объем	180	72	48	24	90	18

5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы обучающихся заключается в глубоком, полном усвоении учебного материала и в развитии навыков самообразования. Самостоятельная работа может включать: работу с текстами, литературой, учебно-методическими пособиями, нормативными материалами, в том числе материалами сети интернет, а также проработку конспектов лекций, подготовка презентаций, рефератов, участие в работе семинаров, научных конференциях и пр.

Примерный перечень тем презентаций:

1. Предмет и задачи теоретической механики. Уравнения Лагранжа. Законы сохранения.
2. Динамика системы взаимодействующих частиц. Малые колебания. Динамика твердого тела. Канонические уравнения
3. Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля в вакууме. Электромагнитные волны в вакууме и веществе.
4. Введение в квантовую механику. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым представлениям. Математический аппарат нерелятивистской квантовой механики. Точно решаемые задачи нерелятивистской квантовой механики.
5. Приближенные методы квантовой теории. Упругое рассеяние частиц. Релятивистская теория частиц со спином 0 и .. Физика элементарных частиц.
6. Основные принципы классической и квантовой статистики. Статистическое распределение для системы в термостате. Статистическая и феноменологическая термодинамика. Системы взаимодействующих частиц.
7. Системы с переменным числом частиц. Квантовые статистики Ферми и Бозе.
8. Флуктуации и броуновское движение. Кинетические уравнения.

6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень вопросов к кандидатскому экзамену:

Механика

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.
3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.
5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

2. Теория поля

9. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
10. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
11. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
12. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
13. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
14. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
15. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
16. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.

17. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.

18. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.

19. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

3. Электродинамика сплошных сред

20. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.

21. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.

22. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.

23. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.

24. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.

25. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.

26. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

4. Механика сплошных сред и физическая кинетика

27. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.

28. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.

29. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.

30. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.

31. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.

32. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса.

33. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.

34. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.

35. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H -теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.

36. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.

37. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

5. Квантовая механика

38. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.

39. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.

40. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.

41. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.

42. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.

43. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.

44. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.

45. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура темных уровней. Периодическая система Менделеева.

46. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.

47. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

6. Статистическая физика

48. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.

49. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.

50. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.

- 51.** Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
- 52.** Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и
- 53.** термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.
- 54.** Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
- 55.** Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
- 56.** Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
- 57.** Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.
- 58.** Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.
- 59.** Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера(БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.
- 60.** Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
- 61.** Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

В ходе текущего контроля успеваемости (устный или письменный опрос, подготовка и защита реферата, доклад, презентация, тестирование и пр.) при ответах на учебных занятиях, а также промежуточной аттестации в форме зачета обучающиеся оцениваются по двухбалльной шкале:

Оценка «зачтено» - выставляется аспиранту, если он продемонстрировал знания программного материала, подробно ответил на теоретические вопросы, справился с выполнением заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка «не зачтено» - выставляется аспиранту, если он имеет пробелы в знаниях программного материала, не владеет теоретическим материалом и допускает грубые, принципиальные ошибки в выполнении заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка по результатам проведения кандидатского экзамена по дисциплине выставляется на основе совокупности ответов по вопросам программы кандидатского экзамена и по вопросам дополнительной программы по теме диссертации аспиранта, которая согласовывается с научным руководителем.

Оценка «отлично» выставляется за исчерпывающий ответ, отражающий знание и профессиональное владение материалом программы кандидатского экзамена и

дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «хорошо» выставляется за ответ, содержащий не принципиальные погрешности, отражающий знание и свободное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за ответ, отражающий знание принципиальных положений вопросов, при наличии погрешностей, устраняемых аспирантом при ответе на дополнительные вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за ответ, показывающий непонимание существа вопроса, наличия грубых ошибок в ответах на вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины **Рекомендуемая литература:**

Основная литература

1. Шилин, И. А. Введение в алгебру. Группы: учеб. пособие/ И. А. Шилин. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2012. - 198 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Вариант загл.: Группы. - Предм. указ.: с. 193-196.
2. Курош, А. Г. Теория групп/ А. Г. Курош. - М.: Физматлит, 2011. - 805, [1] с. - (Классика и современность. Математика). - Библиогр.: с. 705-782. - Имен., предм. указ.: с. 783-805.
3. Чеботарев, Н. Г. Теория групп Ли/ Н. Г. Чеботарев. - 6-е изд.. - М.: Кн. Дом ЛИБРОКОМ, 2011. - 396 с.: ил.. - (Физико-математическое наследие: математика (алгебра)). - Алф. указ. лит.: с. 388-392. - Указ. терминов: с. 393-395. - Библиогр.: с. 388-392.
4. Сарданашвили, Г. А. Современные методы теории поля/ Г. А. Сарданашвили. - М.: Кн. Дом ЛИБРОКОМ, 2011 - Т. 4: Геометрия и квантовые поля. - 2-е изд.. - 2012. - 157, [1] с. - Библиогр.: с. 149-153 (156 назв.). - Предм. указ.: с. 154-157.
5. Рэндалл, Л. Закрученные пассажи. Проникая в тайны скрытых размерностей пространства/ Лиза Рэндалл; науч. ред. И. П. Волобуев ; [пер. с англ. А. В. Беркова]. - М.: Кн. Дом ЛИБРОКОМ, 2011. - 397 с.: ил. -Пер.изд.: Warped passages. - Предм. имен. указ.: с. 381-397.
6. Губин, С. П. Графен и родственные наноформы углерода/ С. П. Губин, С. В. Ткачев. - 2-е изд.. - М.: Кн. Дом ЛИБРОКОМ, 2012. - 101 с.
7. Грундман, М. Основы физики полупроводников. Нанопластика и технические приложения/ М. Грундман; пер. с англ. под ред. В. А. Гергеля. - 2-е изд.. - М.: Физматлит, 2012. - 771 с.
8. Щука, А. А. Нанoeлектроника: учеб. пособие для вузов/ А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. - 2-е изд.. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. - 342 с.
9. Нанотехнологии в электронике/ под ред. Ю. А. Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005 – 2013. Вып. 2. - 2013. - 686 с.

10. Основы нанотехнологии: учеб. для вузов. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2014. - 397 с.: ил.. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр.: с. 377-397.
11. Неволин, В. К. Квантовая физика и нанотехнологии/ В. К. Неволин. - 2-е изд., испр. и доп.. - Москва: Техносфера, 2013. - 126, [1] с.
12. Соболева, Е. С. Задачи и упражнения по уравнениям математической физики: учеб. пособие/ Е. С. Соболева, Г. М. Фатеева. - Москва: Физматлит, 2012. - 1 on-line, 91, [2] с.. - Библиогр.: с. 92 (11 назв.). - Лицензия до 24.12.2016 г.
13. Курс математики для технических высших учебных заведений: учеб. пособие/ Н. А. Берков [и др.] ; под ред.: Е. А. Миносцева, Е. А. Пушкаря. - 2-е изд., испр.. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань. - Лицензия до 24.12.2016 г. Ч. 3: Дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации. - 2013. - 1 on-line, 528 с.

Дополнительная литература

1. Каргаполов, М. И. Основы теории групп: учеб. пособие/ М. И. Каргаполов, Ю. И. Мерзляков. - 5-е изд., стер.. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. - 287 с.: ил.. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 280-281. - Библиогр.: с. 280--281 (53 назв.). - Предм. указ.: с. 282-287. Вейль Г. Классические группы их инварианты и представления. – М.: ИЛ, 1947.
2. Желобенко, Д. П. Компактные группы Ли и их представления/ Д. П. Желобенко. - 2-е изд., доп.. - М.: МЦНМО, 2007. - 552 с. - (Классические направления в математике). - Библиогр.: с. 530-542. - Предм. указ.: с. 543-546. **Барут А., Рончка Р.** Теория представления групп и ее приложения (т. 1, 2)
3. Курош, А. Г. Теория групп: учебник/ А. Г. Курош. - 4-е изд., стер.. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2005. - 648 с. - (Лучшие классические учебники. Математика). - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 581-636. - Указ. имен: с. 637-640. - Предм. указ.: с. 641-648.
4. Хоофт, Г. 'т. Избранные лекции по математической физике: [пер. с англ.]/ Герард 'т Хоофт; под науч. ред. С. Н. Вергелеса. - М.; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед.: Регуляр. и хаот. динамика, 2008. - 227 с. - Библиогр. в конце лекций. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля. – М.: Физматлит, 2005. – 384 с.
5. Блохинцев, Д. И. Блохинцев, Д. И. Избранные труды: [в 2 т.]/ Д. И. Блохинцев ; под ред.: Б. М. Барбашова, В. В. Нестеренко. - М.: Физматлит, 2009 – 2009. Т. 2: [Принципиальные вопросы квантовой механики. Квантовая теория поля и теория элементарных частиц. Выступления по общим вопросам науки]. - 742, [4] л. фото. с.: ил.. - Библиогр. в конце ст. и в подстроч. примеч.
6. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой наноэлектроники: учеб. пособие / Г. И. Зебрев. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 240 с.
7. Шишкин, Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учеб. пособие

для вузов/ Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. – 406 с.

8. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы/ Р. А. Андриевский. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. – 251 с.

9. Суздаев, И. П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах/ И. П. Суздаев. - М.: КРАСАНД, 2012. - 474 с.

10. Булярский, С. В. Углеродные нанотрубки: технология, управление свойствами, применение/ С. В. Булярский. - Ульяновск: Стрежень, 2011. - 479 с.

11. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. – М., Логос, 2010. – 247 с.

12. Ильин, А. М. Уравнения математической физики: учеб. пособие для вузов/ А. М. Ильин. - Москва: Физматлит, 2009. - 1 on-line, 192 с.. - (Математика и прикладная математика). - Библиогр.: с. 189 (9 назв.). - Лицензия до 24.12.2016 г.

13. Чиров, А. А. Уравнения математической физики. Ряды Фурье. Метод разделения переменных в некоторых задачах математической физики/ А. А. Чиров, Е. Н. Катасонова. - Москва: Культура и техника, 2013. - 134 с. - Библиогр. в конце кн.

14. Курс математики для технических высших учебных заведений: учеб. пособие для вузов/ Н. А. Берков [и др.]. - 2-е изд., испр.. - Санкт Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013 - Ч. 3: Дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации/ под ред. В. Б. Миносцева, Е. А. Пушкаря. - 513 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 513 (28 назв.).

Программное обеспечение:

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта - [www.lms-](http://www.lms-kantiana.ru)

1. kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

- корпоративная платформа Webinar.ru;

- установленное на рабочих местах студентов ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security. Java 8 Update 231 MATLAB R2016a Dev-C++

Электронные образовательные ресурсы:

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

- ЭБС Консультант студента

- ПРОСПЕКТ ЭБС

- ЭБС ZNANIUM.COM

- ЭБС IBOOKS.RU

- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

БФУ им. И. Канта имеет специальные помещения и лаборатории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, научных исследований, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.