

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Институт квантовой физики (148)»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании Методической комиссии Института квантовой физики
Протокол №1 от 12 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Научная специальность: 1.3.3 Теоретическая физика

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Казаков
Константин Вячеславович
Дата подписания: 09.06.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
: Казаков Константин Вячеславович
Дата подписания: 09.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Теоретическая физика» обеспечивает формирование следующих результатов освоения программы аспирантуры

Код, наименование результата освоения программы	Код, наименование результата освоения дисциплины (модуля)
Р-1 Готовность к самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности на основании способности к генерированию новых идей и поиска нестандартных решений в профессиональной деятельности	(Р-1.3 Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии',) Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код наименования результата освоения дисциплины (модуля)	Результат обучения
Р-1.3 - Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии	Знать основные понятия и методы теоретической физики. Уметь формулировать задачи теоретической физики, применять необходимый математический аппарат, трактовать полученные результаты; критически анализировать и оценивать современные научные достижения. Владеть навыками постановки задач исследования в области теоретической физики; представлениями об основных применениях теоретической физики; навыками решения конкретных физических задач.

2 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	216	216

Аудиторные занятия, в том числе:	60	60
лекции	36	36
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	24	24
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	120	120
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

3 Структура и содержание дисциплины

3.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Идеи и принципы квантовой механики	1, 2	4			1	2	1, 2	12	Устный опрос
2	Гамильтонов формализм	3	2			2	2	1, 2	12	Устный опрос
3	Физика электрона	4, 5, 6	6			3	2	1, 2	12	Устный опрос
4	Гармонический осциллятор	7	2			4	2	1, 2	12	Устный опрос
5	Эволюция теории возмущений	8, 9	4			5	2	1, 2	12	Устный опрос
6	Формализм полиномов квантовых чисел	10, 11	6			6	2	1, 2	12	Устный опрос
7	Электрооптика молекул	12, 13	4			7	2	1, 2	12	Устный опрос
8	Теорема о внешних квантовых числах	14	2			8	2	1, 2	12	
9	Эффекты ангармоничности	15	4			9, 10, 11	6	1, 2	12	
10	Метод факторизации	16	2			12	2	1, 2	12	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		36				24		156	

3.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Идеи и принципы квантовой механики	Волновые функции. Физические операторы. Некоммутативная физика.
2	Гамильтонов формализм	Гамильтониан в квантовой механике. Операторы рождения и уничтожения.
3	Физика электрона	Атом водорода. Уравнение Дирака. Спин $\frac{1}{2}$. Тонкая структура. Магнитное взаимодействие.
4	Гармонический осциллятор	Сравнение классического и квантового гармонического осцилляторов.
5	Эволюция теории возмущений	Колебательный Гамильтониан. Метод возмущений.
6	Формализм полиномов квантовых чисел	Ансамбль гармонических осцилляторов. Основные выражения. Физическая интерпретация.
7	Электрооптика молекул	Зависимость интенсивности линии и матричного элемента оператора дипольного момента. Феномен сильной ангармоничности. Прямая и обратная задача спектроскопии.
8	Теорема о внешних квантовых числах	Факторизация матричных элементов.
9	Эффекты ангармоничности	Магнито-оптическая ангармоничность. Резонансное взаимодействие. Димеры в низкотемпературных жидкостях. Двухатомные димеры. Теория овертонов. Пары ХН-ХН.
10	Метод факторизации	Алгебраический формализм. Некоторые задачи, включающие ангармоничность.

3.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

3.4 Перечень практических занятий**Семестр № 7**

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Вывод основных выражений некоммутативной физики.	2
2	Операторы рождения и уничтожения.	2
3	Уравнение Дирака.	2
4	Расчет энергий переходов для двухатомной молекулы и сравнение с экспериментальными данными. Расчет погрешности.	2
5	Уравнения колебательной энергии для одномерной, двумерной и трехмерной задачи.	2
6	Полиномы квантовых чисел	2
7	Расчет фундаментального тона и первого, второго обертона для двухатомной задачи.	2
8	Теорема о внешних квантовых числах в рамках колебательно-вращательной задачи.	2

9	Магнито-оптическая ангармоничность. Электрон в магнитном поле.	2
10	Резонансное взаимодействие. Расщепление энергетических уровней для димеров SF ₆ -SF ₆ в жидком аргоне.	2
11	Двухатомные димеры. Расщепление линий для димеров SH-SH в кристалле KCl.	2
12	Осциллятор Морзе.	2

3.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	40
2	Решение специальных задач	80

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тематическая дискуссия.

4 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

4.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практическая работа предназначена для активизации познавательной деятельности, приобретению навыков решения практических задач, выработки способности самостоятельно решать достаточно сложные задачи.

Цель работы: отработка навыков решения типовых задач.

Содержание заданий:

- решение задач и примеров, указанных преподавателем, по учебникам из списка основной литературы.

Требования к отчетным материалам:

- используя выученный теоретический материал, составить план решения задачи, обосновать теоретическими фактами то или иное утверждение и логически завершить решение;
- если требуется, построить чертеж, нанести необходимые обозначения и подписи.

Основные рекомендации по выполнению практических работ: для успешного усвоения каждой новой темы необходимо повторять материал предыдущих лекций. Это способствует лучшему усвоению нового материала, а также поддержанию приобретенных навыков и умений

Контроль текущей успеваемости обучающихся проводится в ходе семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний; формирования у них умений и навыков; своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по ее корректировке; совершенствованию методики обучения; организации учебной работы и оказания обучающимся индивидуальной помощи.

4.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Цель работы:

- углубленное изучение тех разделов, которые необходимы для решения прикладных задач, закрепление теоретических знаний.

Содержание заданий:

- Подготовка к практическим занятиям. Основной задачей аспирантов при подготовке к практическим занятиям является развитие способностей активно усваивать новую информацию, улучшать навыки публичной презентации, обсуждать различные взгляды и уметь аргументированно отстаивать свою позицию. Аспирант готовится по темам, которые предусмотрены в программе. Перед каждым практическим занятием следует внимательно изучить рекомендованную учебную литературу, лекции и дополнительные материалы. Это обеспечит понимание базовых концепций и главных вопросов темы.
- Решение специальных задач. Аспирант готовится по темам, которые предусмотрены в программе. Аспирант должен уметь применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. Во время выполнения заданий можно пользоваться любой учебной, справочной литературой, конспектами лекций, в случае затруднений обращаться к рекомендованным учебникам и учебным пособиям из списка основной и дополнительной литературы.

5 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

5.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

5.1.1 семестр 7 | Устный опрос

Описание процедуры.

Во время практического занятия аспирант отвечает на вопросы преподавателя из списка контрольных вопросов по разделу, пользуясь конспектами лекций

Критерии оценивания.

Ответ зачтен, если обучающийся выявил уверенные знания программного материала, умеет систематизировать ранее изученный материал.

5.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

5.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания результата освоения дисциплины (модуля) в рамках промежуточной аттестации

Код и наименование результата освоения дисциплины (модуля)	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
Р-1.3 Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере,	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал; свободно справляется с задачами, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение;	Письменное испытание по теоретическим вопросам курса в рамках экзамена по специальности. Комиссионная

а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии	демонстрирует применение методов теоретической физики при решении практических задач.	количественная оценка уровня знаний по дисциплине.
---	---	--

5.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

5.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения кандидатского экзамена по дисциплине

5.2.2.1.1 Описание процедуры

Аспирант самостоятельно готовится к ответу на теоретический вопрос, после чего излагает свой ответ комиссии. Члены комиссии могут задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы. При подготовке допускается использование собственных записей (конспектов), а также справочной литературы из списка.

Вопросы к экзамену

- Идеи и принципы квантовой механики. Волновые функции. Физические операторы. Некоммутативная физика.
- Гамильтонов формализм. Гамильтониан в квантовой механике. Операторы рождения и уничтожения.
- Физика электрона. Атом водорода. Уравнение Дирака. Спин $\frac{1}{2}$. Тонкая структура. Магнитное взаимодействие.
- Гармонический осциллятор. Сравнение классического и квантового гармонического осцилляторов.
- Эволюция теории возмущений. Колебательный Гамильтониан. Метод возмущений.
- Формализм полиномов квантовых чисел. Ансамбль гармонических осцилляторов. Основные выражения. Физическая интерпретация.
- Электрооптика молекул. Зависимость интенсивности линии и матричного элемента оператора дипольного момента. Феномен сильной ангармоничности. Прямая и обратная задача спектроскопии.
- Теорема о внешних квантовых числах. Факторизация матричных элементов.
- Эффекты ангармоничности. Магнито-оптическая ангармоничность.
- Эффекты ангармоничности. Резонансное взаимодействие. Резонансное взаимодействие. Димеры в низко-температурных жидкостях.
- Эффекты ангармоничности. Двухатомные димеры. Теория овертонов. Пары ХН-ХН.
- Метод факторизации. Алгебраический формализм. Некоторые задачи, включающие ангармоничность.

Пример задания:

- Вывод первого коэффициента колебательно_вращательного фактора Германа-Уоллеса для двухатомных молекул по теореме о неактуальных (внешних) квантовых числах.
- Расчет спектра энергии одномерного осциллятора Морзе с помощью метода факторизации по Грину.

5.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн	Неудовлетворительно
---------	--------	------------------	---------------------

		о	
Знает: основные понятия и методы теоретической физики. Умеет: формулировать задачи теоретической физики, применять необходимый математический аппарат, трактовать полученные результаты; критически анализировать и оценивать современные научные достижения. Владеет: навыками постановки задач исследования в области теоретической физики; представлениями об основных применениях теоретической физики; навыками решения конкретных физических задач. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал; свободно справляется с задачами, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий,	Знает: основные понятия и методы теоретической физики; Умеет: формулировать задачи теоретической физики, применять необходимый математический аппарат, трактовать полученные результаты; применять программирование и методы численного моделирования для решения научно-исследовательских задач. Владеет: навыками постановки задач исследования в области теоретической физики; представлениями об основных применениях теоретической физики; навыками решения конкретных физических задач. Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет	Знает: основные понятия и методы теоретической физики; Умеет: формулировать задачи теоретической физики, применять необходимый математический аппарат, применять программирование и методы численного моделирования для решения научно-исследовательских задач. Владеет: представлениями об основных применениях теоретической физики; навыками решения конкретных физических задач. В ответе допускает неточности в формулировках, логические и вычислительные ошибки.	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

правильно обосновывает принятое решение; демонстрирует применение методов теоретической физики при решении практических задач	теоретические положения при решении практических вопросов, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.		
---	--	--	--

6 Основная учебная литература

1. Ландау Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц, 1969. - 399.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-0434.pdf>

2. Теоретическая физика : учебное пособие для физических специальностей университетов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория, 2001. - 803.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21683.pdf>

3. Ландау. Теоретическая физика : в 10 т. Т. 10 : Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, 1979. - 527.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-0438.pdf>

7 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Вихман Э. Квантовая физика / Э. Вихман; пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга, 1986. - 390.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8662.pdf>

2. Кузнецова С. Ю. Физика. Квантовая оптика. Квантовая физика атомов и атомного ядра : практикум / С. Ю. Кузнецова, 2023. - 70.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-34081.pdf>

3. Гольдин Л. Л. Квантовая физика. [Электронный ресурс] : вводный курс / Л. Л. Гольдин, Г. И. Новикова, 2002. - 496.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-0230.pdf>

8 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

9 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

10 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP_prof_64, XP_prof_32 - поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010 от ООО "Азон"

11 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.