

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК

(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
д.ф.-м.н. Лебедев С.В.

" 23 " 06 2015 г.

Фонд оценочных средств дисциплины
Теоретическая физика
направление подготовки 03.06.01. Физика и астрономия
направленность 01.04.02. Теоретическая физика

Квалификация (степень) выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения очная

Санкт-Петербург

2015 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Разделы фонда оценочных средств

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины.
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций.
3. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств составлен в соответствии с требованиями ФГОС по направлениям подготовки 03.06.01. Физика и астрономия, направленность 01.04.02. Теоретическая физика

Программа разработана:

Группой подготовки научных кадров
Проф., д.ф.-м.н. А.П. Шергин



1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, КОТОРЫМИ ДОЛЖНЫ ОВЛАДЕТЬ ОБУЧАЮЩИЕСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ООП ВО

Результатом изучения дисциплины Теоретическая физика является освоение выпускником следующих компетенций: УК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

2. ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для оценки результатов освоения программы дисциплины Теоретическая физика выделены следующие компетенции:

№	Код компетенции	Показатели	Элемент оценочного средства	Уровни сформированности компетенций			
				Не сформирована (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
Универсальные компетенции							
1.	УК-1-Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<i>Знать:</i> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач <i>Уметь:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских	Экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче

		и практических задач <i>Владеть:</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях					
--	--	---	--	--	--	--	--

Общепрофессиональные компетенции

2.	ОПК-1 – способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационных технологий	<i>Знать:</i> методики анализа современных проблем в области физики и астрономии, способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач <i>Уметь:</i> критически анализировать проблемы в области физики и астрономии, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития теоретической физики	Экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче
----	--	---	---------	--	--	---	---

Профессиональные компетенции

3.	ПК-1- Способность планировать и организовывать работу по теоретическим проектам, направленным на изучение новых физических	<i>Знать:</i> современную литературу в предметной области, позволяющую определить степень оригинальности физического эффекта <i>Уметь:</i> определять,	Экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием.	Навыки, умения, знания достаточно развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях.
----	--	---	---------	--	---	---	--

	эффектов	какие теоретические расчеты или эксперименты должны быть выполнены для прояснения природы нового эффекта <i>Владеть:</i> навыками самостоятельного объяснения новых физических эффектов на основе данных расчетов и экспериментов			систематическое и требуют дальнейшего развития	Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Творческий поход к поставленной задаче
4	ПК-2- Способность получать и обрабатывать информацию по новым методам расчетов в области теоретической физики.	<i>Знать:</i> ограничения классических методов расчетов и основные электронные и бумажные информационные ресурсы для поиска новых методов <i>Уметь:</i> выбирать метод расчета, оптимальной для данной теоретической задачи <i>Владеть:</i> набором современных методов расчета в исследуемой области теоретической физики	Экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий поход к поставленной задаче
5.	ПК-3 Способность анализировать и систематизировать научную информацию по современным достижениям в области общей физики и специальных областей физики по теме исследования	<i>Знать:</i> названия, тематики, достоинства и недостатки специализированных электронных ресурсов и научных журналов для поиска научной информации <i>Уметь:</i> выделять среди разнообразной научной информации ключевые пионерские и обзорные работы, содержащие простые объяснения изучаемых физических	Экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий поход к поставленной задаче

		<p>эффектов</p> <p><i>Владеть:</i> реализовывать и настраивать схему автоматизации реально существующего эксперимента</p>					
6	<p>ПК-4 - навыками поиска и анализа научной информации на специализированных электронных ресурсах. Навыками быстро понимать основное содержание научных статей и выделять непонятные места.</p>	<p><i>Знать:</i> основные материальные параметры в исследуемой области физики полупроводников</p> <p><i>Уметь:</i> определять основную информацию, содержащуюся в экспериментальных графиках. Выполнять простые численные оценки для возможных величин экспериментально наблюдаемых эффектов</p> <p><i>Владеть:</i> методами обработки экспериментальных данных и выделения основных трендов из больших массивов измерений</p>	Экзамен	<p>Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии</p>	<p>Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития</p>	<p>Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить</p>	<p>Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче</p>

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в виде кандидатского экзамена.

3.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Текущий контроль проходит в виде консультаций с преподавателем, промежуточная аттестация - экзамена.

Перечень контрольных вопросов для экзамена

1. Классическая механика

1.1. Уравнения движения классических систем. Принцип наименьшего действия. Формализм Лагранжа.

1.2. Уравнения движения классических систем в форме Гамильтона. Теорема Ли-увилля.

1.3. Интегрирование уравнений движения классических частиц. Одномерное движение, движение в центральном поле.

1.4. Распад частиц, упругие столкновения и сечение рассеяния в нерелятивистской классической механике; формула Резерфорда.

1.5. Малые колебания классических систем. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс.

1.6. Классическое движение твердых тел. Угловая скорость, тензор инерции и вращательный момент. Уравнения Эйлера.

- 1.7. Уравнения движения классических систем в форме Гамильтона—Якоби.
- 1.8. Принцип относительности. Метрика четырехмерного пространства-времени. Преобразование Лоренца.
- 1.9. Четырехмерные векторы и тензоры в специальной теории относительности. Четырехмерная скорость.
- 1.10. Принцип наименьшего действия в релятивистской классической механике. Энергия и импульс релятивистской частицы.
- 1.11. Распад частиц и упругие столкновения в релятивистской классической механике.
2. Теория поля
- 2.1. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Калибровочная (градиентная) инвариантность.
- 2.2. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
- 2.3. Уравнения электромагнитного поля. Уравнение непрерывности. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
- 2.4. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле.
- 2.5. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
- 2.6. Электромагнитные волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
- 2.7. Поле движущихся зарядов. Запоздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара—Вихерта. Излучение электромагнитных волн.
- 2.8. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
- 2.9. Движение частицы в гравитационном поле. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
- 2.10. Уравнения гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
- 2.11. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле.
- 2.12. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении. Гравитационные линзы.
3. Электродинамика сплошных сред
- 3.1. Электростатическое поле проводников. Энергия электростатического поля.
- 3.2. Электростатическое поле в диэлектриках. Термодинамика диэлектриков в электрическом поле.
- 3.3. Постоянное магнитное поле в среде. Термодинамические соотношения в магнитном поле.
- 3.4. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.
- 3.5. Уравнения электромагнитных волн в среде в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости.
- 3.6. Соотношения Крамерса—Кронига. Плоские монохроматические волны в среде.
- 3.7. Распространение электромагнитных волн в неоднородных средах. Принцип взаимности.
- 3.8. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея.
- 3.9. Пространственная дисперсия электромагнитных волн в среде. Естественная оптическая активность.
- 3.10. Ионизационные потери быстрых частиц в среде. Излучение Черенкова.
4. Механика сплошных сред и физическая кинетика
- 4.1. Уравнения движения идеальной жидкости. Потoki энергии и импульса. Сохранение циркуляции скорости.
- 4.2. Уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
- 4.3. Турбулентность и неустойчивость ламинарных течений. Теория Ландау—Хопфа.
- 4.4. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
- 4.5. Одномерное движение сжимаемого газа. Образование ударных волн.
- 4.6. Солитоны и уравнение КДВ. Бесстолкновительные ударные волны.
- 4.7. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
- 4.8. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема Больцмана.
- 4.9. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов.

- 4.10 Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера—Планка.
- 4.11. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы.
- 4.12. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны.

5. Квантовая механика

- 5.1. Уравнение Шредингера и его свойства. Стационарное уравнение Шредингера.
- 5.2. Решение уравнения Шредингера для одномерного гармонического осциллятора.
- 5.3. Решение уравнения Шредингера для частицы в центрально-симметричном поле. Оператор момента импульса. Шаровые функции.
- 5.4. Решение уравнения Шредингера для одноэлектронного атома или иона. Дискретный и непрерывный спектры.
- 5.5. Оператор момента в квантовой механике. Правило сложения моментов. Коэффициенты Клебша—Гордона.
- 5.6. Одновременная измеримость физических величин в квантовой механике. Соотношения неопределенности.
- 5.7. Стационарная теория возмущений для невырожденных и вырожденных уровней.
- 5.8. Теория возмущений, зависящих от времени. Внезапные и адиабатические возмущения.
- 5.9. Теория возмущений, зависящих от времени по периодическому закону. Золотое правило квантовой механики.
- 5.10. Одномерная волновая функция в квазиклассическом приближении. Переход через классическую точку остановки частицы.
- 5.11. Правило квантования Бора-Зоммерфельда и прохождение сквозь барьер в квазиклассическом приближении.
- 5.12. Спин. Оператор спина. Волновые функции частиц со спином. Частицы со спином $\frac{1}{2}$.
- 5.13. Самосогласованное центрально-симметричное поле и метод Томаса—Ферми для описания многоэлектронных атомов.
- 5.14. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура уровней энергии атомов.
- 5.15. Уравнение Паули для описания движения заряженной частицы со спином в потенциальном и магнитном полях. Спиновый магнитный момент.
- 5.16. Фазовая теория упругого рассеяния частиц. Сечение рассеяния и его свойства.
- 5.17. Сечение рассеяния частиц в борновском приближении. Формула Резерфорда.
- 5.18. Принцип неразличимости тождественных частиц в квантовой механике. Симметрия волновой функции при перестановках частиц.
- 5.19. Вторичное квантование системы тождественных бозонов. Квантованное электромагнитное поле.
- 5.20. Вторичное квантование систем тождественных фермионов. Квантованное электронное поле.

6. Статистическая физика

- 6.1. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля.
- 6.2. Роль энергии в статистической механике. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
- 6.3. Термодинамические величины и термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства.
- 6.4. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.
- 6.5. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Одноатомный идеальный газ.
- 6.6. Распределение Ферми. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях.
- 6.7. Распределение Бозе. Вырожденный бозе-газ и конденсация Бозе—Эйнштейна.
- 6.8. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.

- 6.9. Равновесие фаз. Формула Клапейрона—Клаузиса. Критическая точка.
- 6.10. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы и смесь идеальных газов.
- 6.11. Кристаллы. Зонная теория твердых тел. Блоховские волновые функции.
- 6.12. Металлы. Поверхность Ферми. Плазмоны.
- 6.14. Полупроводники. Метод эффективной массы и водородоподобные примеси.
- 6.15. Тензор деформации и внутренних напряжений Закон Гука для кристаллов.
- 6.16. Колебания решетки. Акустические и оптические фононы.
- 6.17. Кинетическое уравнение для фононов в твердом теле. Теплопроводность.
- 6.18. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание и теория Бардина—Купера—Шриффера.
- 6.19. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.
- 6.20. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона.
- 6.21. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
- 6.22. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность.

7. Теория конденсированного состояния

(Раздел для специалистов по теории твердого тела)

- 7.1. Слабонеидеальный бозе-газ. Сверхтекучесть.
- 7.2. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха.
- 7.3. Удельная теплоемкость решетки. Модели Дебая и Эйнштейна. Ангармонизм и тепловое расширение.
- 7.4. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона.
- 7.5. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Гамильтониан Гейзенберга.
- 7.6. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау.
- 7.7. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ).
- 7.8. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков.
- 7.9 Теория сверхпроводимости Гинзбурга—Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока.
- 7.10. Эффект Шубникова-де Газа. Функция Грина для электронов при рассеянии на примесях.
- 7.11. Теория оптической ориентации спинов в полупроводниках. Роль релаксации спина.
- 7.12. Механизмы спиновой релаксации в твердых телах.
- 7.13. Явление слабой локализации в полупроводниковых наноструктурах.
- 7.14. Кулоновская щель в плотности состояний слаболегированного полупроводника.
- 7.15. Метод оптимальной флуктуации в теории неупорядоченных полупроводников.
- 7.16. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний.
- 7.17. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе.

8. Теоретическая астрофизика

(Раздел для специалистов по теоретической астрофизике)

- 8.1. Скорости ядерных реакций в звездном веществе. Кулоновский барьер и гамовский пик. Основные циклы ядерных реакций в звездах.
- 8.2. Механизмы переноса энергии в звездах. Уравнение переноса. Эддингтоновский предел светимости.
- 8.3. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд разных спектральных классов.
- 8.4. Уравнение состояния вырожденного электронного газа с произвольной степенью релятивизма. Теория холодных белых карликов.
- 8.5. Основы теории электрослабых взаимодействий. Скорость бета-распада нейтрона.
- 8.6. Основные реакции излучения нейтрино на Солнце. Нейтринные детекторы как инструмент исследования физики Солнца и физики нейтрино.

- 8.7. Теория собственных колебаний Солнца. Гелиосейсмология как инструмент для изучения внутреннего строения Солнца.
- 8.8. Перенос излучения в атмосферах звезд. Спектр излучения; спектральные линии и континуум. Профили спектральных линий.
- 8.9. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.
- 8.10. Основные теоретические модели сферически симметричной и дисковой аккреции.
- 8.11. Метрика пространства-времени вблизи сферически-симметричных тяготеющих масс. Метрика Шварцшильда. Черные дыры.
- 8.12. Уравнения Толмена—Оппенгеймера--Волкова для описания равновесия сферической звезды в общей теории относительности.
- 8.13. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации. Интеграл столкновений.
- 8.14. Тесные двойные системы из двух нейтронных звезд как лаборатории общей теории относительности. Пульсар Халса-Тейлора и двойной радиопульсар.
- 8.15. Модель горячей расширяющейся Вселенной. Основные этапы расширения. Первичный нуклеосинтез и реликтовое излучение.
- 8.16. Флуктуации температуры реликтового излучения. Теория и наблюдения. Барионная материя, темная материя и темная энергия во Вселенной.
- 8.17. Гравитационная неустойчивость Джинса в нестационарной Вселенной

3.2. Критерии выставления оценок зачет экзамена

По результатам ответа на контрольные вопросы аспирантам выставляются оценки.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

- для оценки «отлично» необходимо наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительных источников информации;
- для оценки «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четкое изложение материала;
- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов;
- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценки "отлично", "хорошо" и "удовлетворительно" означают успешную сдачу экзамена.