



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ОД.7 Спецпрактикум по квантовой теории

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: Академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №8 от «19» июня 2017 г.

Зам. председателя _____
В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №8

От «31» мая 2017 г.

Зав. кафедрой _____
С.В. Ловцов

Иркутск 2017 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП:.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины:.....	4
4. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	5
5. Содержание дисциплины.....	5
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	8
7. Примерная тематика курсовых работ.....	15
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:.....	16
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	17
10. Образовательные технологии:.....	18
11. Оценочные средства (ОС).....	18
Приложение: фонд оценочных средств	

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цели курса

Квантовая теория является важной частью универсальной базы для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, вооружает выпускников необходимыми знаниями для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах, знакомит студентов с научными методами познания, учит отличать гипотезу от теории и подчёркивает тесную связь теории и эксперимента. Эта дисциплина позволяет провести границу между научным и антинаучным подходом в изучении окружающего мира, позволяет научить строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививает понимание причинно-следственной связи между явлениями.

Цель дисциплины «Спецпрактикум по квантовой теории» в 5 семестре состоит в развитии и углублении квантово-механических представлений студентов об окружающем мире.

«Спецпрактикум по квантовой теории» является дополнением к дисциплине «Квантовая механика» и опирается на математический и теоретический материал этой дисциплины.

Задачи курса

- обучение качественному анализу поведения квантово-механических систем в одной и нескольких потенциальных ямах, переход через один и несколько барьеров;
- формирование навыков качественного представления развития квантово-механических систем, с которыми исследователю приходится сталкиваться при создании новой техники и новых технологий.

Цель дисциплины в 6 семестре: углубление и развитие представлений о процессах квантового рассеяния; освоение методов качественных и количественных оценок сечения и фазы рассеяния; приобретение навыков по точному и приближенному вычислению этих величин для различных потенциалов взаимодействия; уяснение роли аналитических свойств физических величин и их связей со свойствами потенциала и условием причинности; прояснение понятия оператора в Гильбертовом пространстве и смысла условий его самосопряженности.

Задачи: изучение стационарных и нестационарных методов описания процессов рассеяния в квантовой механике; знакомство с их основными экспериментально наблюдаемыми характеристиками; формирование умений и навыков самостоятельного вычисления и оценки амплитуд, фаз и сечений рассеяния на заданных потенциалах; развитие интуитивных представлений о процессах квантового рассеяния на основе их визуализации.

Цель дисциплины в 7 семестре: изучение высокоэнергетических процессов в астрофизических объектах, в которых генерируются потоки космического излучения – гамма-кванты, ней-

трино и космических лучи, являющиеся в настоящее время предметом исследования с помощью крупномасштабных детекторов.

Задачи: научиться выполнять расчеты и делать оценки характеристик фундаментальных процессов, лежащих в основе генерации потоков частиц внеземного происхождения и методов их детектирования: рассеяние нейтрино на электронах, нуклонах и ядрах; поглощение и регенерация нейтрино при прохождении через толщу Земли; слабые распады мезонов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Спецпрактикум по квантовой теории» является обязательной дисциплиной вариативной части общенаучного цикла ОПОП. Изучение курса проходит параллельно с изучением курса «Квантовая механика» и предполагает наличие полученных на предыдущем уровне образования основных знаний, умений и компетенций по дисциплинам «Дифференциальные уравнения», «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Интегральные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Теоретическая механика», «Линейные и нелинейные уравнения физики». Дисциплина «Спецпрактикум по квантовой теории» предоставляет качественную основу для последующих разделов курса теоретической физики «Физика конденсированного состояния», «Термодинамика и статистическая физика», «Введение в квантовую теорию поля», «Квантовая теория излучения», «Астрофизика высоких энергий», «Нейтринная астрофизика».

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<p>ОПК-2: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</p>	<p>Знать: основные методы решения задач. Уметь: решать основные уравнения квантовой механики; формулировать основные принципы квантовой теории и применять их к решению конкретных квантово-механических задач; Владеть: математическим аппаратом, применяющемся в квантово-механическом подходе, навыками решения квантово-механических задач;</p>
<p>ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знать: основные законы квантовой механики, отличие квантовой теории от классической, основные законы, уравнения, идеи и методы квантовой теории рассеяния; типы и характеристики фундаментальных взаимодействий. Уметь: применять идеи и уравнения для решения задачи рассеяния на различных потенциалах используя адекватные математические методы и приближения для анализа конкретных потенциалов взаимодействий; применять уравнения и методы для решения задач в области физики частиц, астрофизики высоких энергий и нейтринной астрофизики Владеть: навыками вычислений и оценок основных наблюдаемых характеристик процессов рассеяния: дифференциальных и полных сечений рассеяния, времени жизни, времени задержки, энергий связи, спектров распадов частиц и их пробегов в веществе.</p>

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры		
		5	6	7
Аудиторные занятия (всего)	140/3,9	58	24	60
В том числе:		-		
Лекции				
Практические занятия (ПЗ)				
Семинары (С)				
Лабораторные работы (ЛР)	126/3,5	54	18	54
Контроль самостоятельной работы	16/0,4	4	6	6
Самостоятельная работа (всего)	110/3,1	14	48	48
Вид промежуточной аттестации (зачет)	зачет	зачет	зачет	зачет
Контактная работа (всего)	153/4,25	59/1,6	29/0,8	65/1,8
Общая трудоемкость	часы	72	72	108
	зачетные единицы	7	2	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

5 семестр

Раздел 1

Тема 1. Компьютерное моделирование квантово-механических процессов и систем. Использование программы «Квант».

Тема 2. Свободное движение. Стационарное состояние свободно движущейся частицы.

Тема 3. Свободное движение. Движение волнового пакета.

Тема 4. Свободное движение. Столкновение частицы с узкой ямой.

Тема 5. Столкновение с потенциальной ступенью.

Тема 6. Отражение от потенциальной ступеньки в квантовом и классическом случаях.

Тема 7. Столкновение волнового пакета с потенциальной ступенью.

Тема 8. Столкновение в размытой ступенью.

Тема 9. Уровень в мелкой яме. Имитация δ -ямы.

Тема 10. Прямоугольная яма с несколькими уровнями.

Тема 11. Ход уровней при расширении прямоугольной ямы.

Тема 12. Волновой пакет из уровней широкой прямоугольной ямы. Колебания на начальной стадии.

Тема 13. Плавный барьер.

6 семестр

Тема 1. Компьютерное моделирование процессов квантового рассеяния с использованием программы «Квант» О.А.Ткаченко, В.А.Ткаченко, Г.Л.Коткина.

Тема 2. Виртуальные уровни. Зависимости коэффициента пропускания $T(E,a,z)$.

Тема 3. Волновой пакет, настроенный на виртуальный уровень. Плотность его вероятности как функция x и t .

Тема 4. Рассеяние волнового пакета на потенциальной ступеньке.

Тема 5. Надбарьерные резонансы.

Тема 6. Волновой пакет и надбарьерный резонанс. Ширина пакета.

Тема 7. Расплывание и возрождение волнового пакета в «ящике» -- широкой яме.

Тема 8. Теорема Левинсона и рассеяние на потенциале $U(x) = U_0/ch^2(x/a)$.

7 семестр

Тема 1. Феноменология слабого взаимодействия, (V-A)-теория, структура слабых токов, слабый кварковый ток. Несохранение P-, C-четности. Несохранение CP-четности в распадах нейтральных каонов.

Тема 2. Стандартная модель электрослабого взаимодействия (теория Вайнберга-Глэшоу-Салама), общая структура лагранжиана электрослабого взаимодействия, заряженные и нейтральные лептонные и кварковые токи. Необходимость смешивания кварков, угол Кабиббо, матрица Кабиббо-Кобаяши-Маскава.

Тема 3. Возможные расширения стандартной модели. Физика нейтрино: массы, смешивание, осцилляции. Нейтрино в космологии и астрофизике.

Тема 4. Рассеяние нейтрино на нуклонах, электронах и ядрах, заряженные и нейтральные токи.

Тема 5. Прохождение пучка нейтрино через вещество, поглощение и регенерация нейтрино.

Тема 6. Вынужденная поляризация частиц в слабых распадах пионов $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu (\bar{\nu}_\mu)$ и мюонов $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e (\bar{\nu}_e) + \bar{\nu}_\mu (\nu_\mu)$.

Тема 7. Осцилляции странности в пучках нейтральных каонов, роль этого явления в широких атмосферных ливнях. Спектры распадов каонов в лабораторной системе.

Тема 8. Сильные взаимодействия. Сравнение характеристик основных адронных моделей, используемых при моделировании широких атмосферных ливней, порожденных космическими лучами (ШАЛ).

Тема 9. Взаимодействие космических лучей с атмосферой Земли. Широкие атмосферные ливни. Модели ядерного каскада в атмосфере, методы приближенного решения уравнений каскада. Точно решаемая модель нуклонного каскада и ее расширение на случай зависящих от энергии свободных пробегов частицы

Тема 10. Механизм Грейзена-Зацепина-Кузьмина обрезания спектра КЛ. Изменение спектра протонов КЛ сверхвысоких энергий при учете механизма ГЗК.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
5 семестр								
1.	Релятивистская квантовая теория	2	3	7	12			

2.	Введение в квантовую теорию поля	2	3	7				
3.	Квантовая теория излучения	2	3	7				
4.	Квантовая электродинамика	2	3	7				
6 семестр								
1	Квантовая теория излучения	2	3	4	5	6	7	
2.	Введение в квантовую теорию поля	2	3	4	5	6	7	
3.	Квантовая электродинамика	2	3	4	5	6	7	
4	Электрослабая теория	2	3	4				
7 семестр								
1	Астрофизика высоких энергий	8	9	10				
2	Нейтринная астрофизика	2	3	4	5	6	7	

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
5 семестр								
1.	Раздел 1	Тема 1	-	-	-	4	-	4
2.		Тема 2	-	-	-	4	2	6
3.		Тема 3	-	-	-	6	2	8
4.		Тема 4	-	-	-	4	2	6
5.		Тема 5	-	-	-	4	2	6
6.		Тема 6	-	-	-	4	2	6
7.		Тема 7	-	-	-	6	-	6
8.		Тема 8	-	-	-	4	-	4
9.		Тема 9	-	-	-	4	-	4
10.		Тема 10	-	-	-	6	-	6
11.		Тема 11	-	-	-	4	-	4
12.		Тема 12	-	-	-	4	2	6
13.		Тема 13	-	-	-	4	-	4
6 семестр								
1.	Раздел 1	Тема 1	-	-	-	2	6	8
2.		Тема 2	-	-	-	2	6	8
3.		Тема 3	-	-	-	2	6	8
4.		Тема 4	-	-	-	2	6	8
5.		Тема 5	-	-	-	2	6	8
6.		Тема 6	-	-	-	2	6	8
7.		Тема 7	-	-	-	2	6	8
8.		Тема 8	-	-	-	4	6	10
7 семестр								
1	Раздел 1	Тема 1				8	8	16
2		Тема 2				8	8	16
3		Тема 3				-	6	6
4		Тема 4				8	6	14
5		Тема 5				6	4	10
6		Тема 6				6	2	8
7		Тема 7				2	4	6
8		Тема 8				8	6	14
9		Тема 9				6	2	8
10		Тема 10				2	2	4

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
5 семестр					
1.	Раздел 1, Тема 1	Компьютерное моделирование квантово-механических процессов и систем. Использование программы «Квант».	4	Задание для работы с компьютерной моделью, собеседование с преподавателем	ОПК-2, ПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Свободное движение. Стационарное состояние свободно движущейся частицы.	4		ОПК-2, ПК-1
3.	Раздел 1, Тема 3	Свободное движение. Движение волнового пакета.	6		ОПК-2, ПК-1
4.	Раздел 1, Тема 4	Свободное движение. Столкновение частицы с узкой ямой.	4		ОПК-2, ПК-1
5.	Раздел 1, Тема 5	Столкновение с потенциальной ступенью.	4		ОПК-2, ПК-1
6.	Раздел 1, Тема 6	Отражение от потенциальной ступеньки в квантовом и классическом случаях.	4		ОПК-2, ПК-1
7.	Раздел 1, Тема 7	Столкновение волнового пакета с потенциальной ступенью.	6		ОПК-2, ПК-1
8.	Раздел 1, Тема 8	Столкновение в размытой ступенью.	4		ОПК-2, ПК-1
9.	Раздел 1, Тема 9	Уровень в мелкой яме. Имитация δ -ямы.	4		ОПК-2, ПК-1
10.	Раздел 1, Тема 10	Прямоугольная яма с несколькими уровнями.	6		ОПК-2, ПК-1
11.	Раздел 1, Тема 11	Ход уровней при расширении прямоугольной ямы.	4		ОПК-2, ПК-1
12.	Раздел 1, Тема 12	Волновой пакет из уровней широкой прямоугольной ямы. Колебания на начальной стадии.	4		ОПК-2, ПК-1
13.	Раздел 1, Тема 13	Плавный барьер.	4		ОПК-2, ПК-1
6 семестр					

1.	Тема 1	Компьютерное моделирование процессов квантового рассеяния с использованием программы «Квант»	2	Собеседование с преподавателем	ОПК-2, ПК-1
2.	Тема 2	Виртуальные уровни. Зависимости коэффициента пропускания $T(E, a, z)$.	2		
3.	Тема 3	Волновой пакет, настроенный на виртуальный уровень. Плотность его вероятности как функция x и t .	2		
4.	Тема 4	Рассеяние волнового пакета на потенциальной ступеньке.	2		
5.	Тема 5	Надбарьерные резонансы	2		
6.	Тема 6	Волновой пакет и надбарьерный резонанс. Ширина пакета	2		
7.	Тема 7	Расплывание и возрождение волнового пакета в «ящике» - широкой яме.	2		
8.	Тема 8	Теорема Левинсона и рассеяние на потенциале $U(x) = U_0 / ch^2(x/a)$.	4		
7 семестр					
1.	Тема 1	Расчет относительного выхода заряженных и нейтральных пи-мезонов в реакции фоторождения	8	Проверка решения задач, собеседование с преподавателем	ОПК-2, ПК-1
2.	Тема 2	Расчет энергетических спектров мюонов и нейтрино в двухчастичных распадах заряженных пионов и каонов	8		
3.	Тема 3	Пробег $\pi^\pm, K^\pm, K_L^0, K_S^0$ в веществе, критическая энергия до распада, рассчитать долю распавшихся мезонов космических лучей с энергией E (ЛС) на данной глубине h в атмосфере Земли.	-		
4.	Тема 4	Расчет сечений СС-, NS-взаимодействий нейтрино высоких энергий ($E > 10$ ГэВ) с нуклоном, сигнатура событий в нейтринном детекторе.	8		

5.	Тема 5	Рассчитать свободные пробеги нейтрино разных сортов (ν_e, ν_μ, ν_τ) в воде и грунте.	6		
6.	Тема 6	Распадах поляризованных положительно заряженных мюонов	6		
7.	Тема 7	Расчет интенсивности мезонов	2		
8.	Тема 8	Расчет энергетических спектров нуклонов и мезонов для простой модели адронного каскада на малой глубине атмосферы	8		
9	Тема 9	Расчет пороговой энергии и энергетических потерь протонов космических лучей сверхвысоких энергий в процессах взаимодействия с реликтовым излучением	6		
10	Тема 10	Расчет сечений рождения очарованных мезонов в pp-соударениях при высоких энергиях в рамках модели кварк-глюонных струн	2		

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
5 семестр					
1	Свободное движение. Стационарное состояние свободно движущейся частицы.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Определить тип кривой $3D: \Psi(x)$. Определить зависимость периода на указанном графике от E .	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	-
2-3	Свободное движение. Движение волнового пакета.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Показать волновая функция $\Psi(x, t)$ для рассмотренных волновых пакетов является периодической. Определить зависимость «ширины» пакета от величины $E_{max} - E_{min}$.		2
3-4	Сила действующая на частицу при пересечении	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Определить и выразить через $ \Psi ^2$ силы дей-		2

	границы потенциалов		ствующие на частицу, пересекающую границу двух потенциальных ям с постоянными потенциалами.		
4-6	Свободное движение. Столкновение частицы с узкой ямой.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Исследовать коэффициент прохождения $T(E)$ и координатное представление. Сравнить с классической механикой. Определить давление на стенку для $E < U_{max}$ и $E > U_{max}$.		2
6-8	Столкновение волнового пакета с потенциальной ступенью.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Составить волновой пакет из состояний с энергиями близкими к U_{max} и исследовать его столкновение с потенциальной ступенькой. Сравнить со стационарным решением.		2
8-9	Столкновение в размытой ступенью.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Определить как изменяется $T(E)$ по сравнению с резкой ступенькой. Исследуйте случай потенциала, когда $T(E)$ близко к случаю классической частицы.		2
9-11	Коэффициент прохождения в случае мелкой ямы	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Определить насколько мелкая яма хорошо имитирует δ -образный потенциал сравнивая дискретный и непрерывный спектры и $T(E)$. Сравнить коэффициенты прохождения и координатное распределение для δ -ямы и δ -барьера.		-
11-13	Прямоугольная яма с несколькими уровнями.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Исследовать вид $\Psi_n(x)$, $ \varphi_n(k) ^2$ в широкой яме с углублением около одной из стенок.	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Науч-	-
13-14	Волновой пакет из уровней широкой прямоугольной ямы. Колебания на начальной стадии.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Исследовать вид $ \varphi(k, t) ^2$ когда пакет в координатном представлении прижат или оторван от стенки.		-
15	Расплывание и возрождение вол-	Внеаудиторная, компьютерное	Составить волновой пакет из уровней		-

	нового пакета.	моделирование	состояний в широкой прямоугольной яме и проследить за распылением и возрождением волнового пакета. Проанализировать вид $ \varphi_n(k) ^2$.	ной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	
15-16	Модель осцилляторной ямы.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Имитировать осцилляторную яму ступенчатыми потенциалами. Исследовать $ \Psi_n(x) ^2$ и $ \varphi_n(k) ^2$. Определить зависимость средней кинетической и потенциальной энергий от n .		-
17	Модель треугольной ямы.	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Имитировать треугольную яму ступенчатыми потенциалами. Определить как меняется расстояние между уровнями с ростом n .		2
6 семестр					
1	Тема 1	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Что за пики на кривой $T(E)$, как и почему меняется их положение и ширина с изменением ширины ямы a ? Как в резонансах полного прохождения связаны средняя и максимальная плотность вероятности внутри и вне ямы?	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	6
2	Тема 2	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Что происходит с $T(E)$ возле точки $E = 0$ при расширении прямоугольной ямы перед появлением нового уровня? Как это выглядит на зависимости $T(z)$ при малом $E > 0$, когда увеличивается z -ширина (глубина) ямы? Как и почему меняется положение и ширина этих резонансов с изменением E ?		6
3	Тема 3	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Исходя из зависимости $T(E)$ сформируйте пакет в окне энергий, отвечающих ширине резонанса с виртуальным уровнем и оцените по его ширине характер-		6

			ное время жизни и задержки. Что и почему происходит с кривой плотности от (x,t) ?		
4	Тема 4	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Составить волновой пакет из состояний с энергиями близкими к и исследовать его столкновение с потенциальной ступенькой. Сравнить со стационарным решением.		6
5	Тема 5	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Для достаточно широкого потенциального барьера посмотреть и объяснить $T(E)$, $T(z)$ с одновременной визуализацией плотности (x) (особенно в точках максимума и минимума коэффициента прохождения). Как для надбарьерных резонансов (состояний полного прохождения) связаны средняя и минимальная плотности внутри и вне барьера? Как вели бы себя аналогичные величины для стационарного потока классических частиц с надбарьерной энергией?		6
6	Тема 6	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Сформируйте пакет в окне энергий, отвечающих надбарьерному резонансу и оцените по его ширине характерное время жизни и задержки τ ?. Что и почему происходит с кривой плотности пакета от (x,t) ? Почему максимальная плотность в барьере больше, чем в пакете, который находится вне ямы? Сравните τ с разностью времен прохождения пакета через экран с барьером и без него. Почему в отличие от рассеяния на виртуаль-		6

			ном уровне измеренное время задержки пакета в данном случае оказывается положительным? Какой знак имел бы аналогичный эффект в классической механике?		
7	Тема 7	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Продолжая наблюдение на большом интервале времени (увеличив шаг ht для волнового пакета из уровней прямоугольной ямы) проследить за расплыванием пакета, наступлением стадии «квантового хаоса», а затем за появлением дробных и целых возрождений (правильной и даже исходной формы) волнового пакета.		6
8	Тема 8	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Посмотрите $T(E)$, $T(a)$ для этой ямы и барьера (замена знака U_0), а также плотность от (x) при небольших $E > 0$ и, соответственно при $E > U $ и разных a . Куда делись виртуальные уровни, которые были в случае прямоугольной и даже параболической ямы?		6
7 семестр					
1	Феноменология слабого взаимодействия	Внеаудиторная, изучение литературы, решение задач	Лаб. работы, подготовка отчета	Источники из основной и дополнительной литературы; образовательные ресурсы НБ ИГУ, сайта физического факультета ИГУ, базы данных по физике inspirehep.net	8
2	Физика нейтрино: массы, смешивание, осцилляции	Внеаудиторная, изучение литературы, выполнение лаб. работы	Лаб. работы, подготовка отчета		8
3	Рассеяние нейтрино на нуклонах, электронах и ядрах	Внеаудиторная, анализ моделей	Лаб. работы, подготовка отчета		6
4	Прохождение пучка нейтрино через вещество	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Лаб. работы, подготовка отчета		6
5	Поляризация частиц в слабых распадах пионов и мюонов	Внеаудиторная, решение задач	Лаб. работы, подготовка отчета		4

6	Осцилляции странности в пучке каонов	Внеаудиторная, решение задач	Лаб. работы, подготовка отчета		2
7	Феноменологические модели адрон-ядерных взаимодействий	Внеаудиторная, компьютерное моделирование	Лаб. работы, подготовка отчета		4
8	Модели ядерного каскада в атмосфере	Внеаудиторная, решение задач, компьютерное моделирование	Лаб. работы, подготовка отчета		6
9	Расчет характеристик потоков мюонов космических лучей	Внеаудиторная, решение задач	Лаб. работы, подготовка отчета		2
10	Выход π^{\pm}, π^0 -мезонов в реакциях фоторождения	Внеаудиторная, решение задач	Лаб. работы, подготовка отчета		2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительный материал из рекомендованной литературы и решит предложенные задачи. Оценка самостоятельной работы студентов проводится на основе устного и письменного отчета по каждой лабораторной работе.

7. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Валл А. Н. Квантовая механика в задачах: учеб.- метод. пособие / А. Н. Валл, О. Н. Солдатенко. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. – 87 с. нф А623906; физмат 30856 (100 экз.)
2. Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Паршаков. – Электрон. версия кн. – СПб. : Изд-во Лань, [2010]. – 352 с. – (ЭБС «Лань»). – Режим доступа: неограниченный доступ <http://e.lanbook.com/view/book/297/>
3. Киселев В.В. Квантовая механика [Текст] : курс лекций / В. В. Киселев. - М.: Изд-во МЦНМО, 2009. - 560 с. - ISBN 978-5-94057-497-2 (4)
4. Синеговский, С. И. Космические нейтрино высоких энергий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. И. Синеговский. - ЭВК. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.

Сверено с ЧТБ ИГУ

б) дополнительная литература

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики / Д. И. Блохинцев. – 5-е изд. – М. : Наука, 1976. – 664 с. (1)
2. Ландау Л. Д. Квантовая механика: Теоретическая физика, том III / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 5-е изд. – М. : Наука, 1989. – 767 с. (56)
3. Давыдов А.С. Квантовая механика: учеб. пособие для студ. ун-тов и тех. вузов / А. С. Давыдов. – 3-е изд., стер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 703 с. (2)
4. Галицкий В.М. Задачи по квантовой механике: учеб. пособие для физ. спец. вузов / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1992. – 878 с. (2)
5. Липкин Г. Квантовая механика. Новый подход к некоторым проблемам / Г. Липкин. – М. : Мир, 1977. – 592 с. (5)
6. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения / А. Боум. – М. : Мир, 1990. – 720 с. (2)
7. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика. М: Наука, 1976. (5 экз)
8. Зелевинский, В. Г. Лекции по квантовой механике [Текст] : учебное пособие / В. Г. Зелевинский. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. (1 экз)
9. Сербо, В. Квантовая механика [Text] : учеб.пособие / В. Сербо, И.Б. Хриплович ; Новосибирский гос.ун-т. - Новосибирск : [s. n.], 2000. - 136 с. (1 экз)
10. Мессиа, А. Квантовая механика / А. Мессиа. Т. 1., Т. 2. – М: Наука, 1978. (2 экз)
11. Галицкий А.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Сборник задач по квантовой механике. М: Наука, 1981, 2001. (54 экз)
12. Ньютон, Р. Теория рассеяния волн и частиц [Текст] : научное издание / Р. Ньютон ; пер. с англ.: А. М. Кузнецов, А. А. Черненко ; ред.: А. М. Бродский, В. В. Толмачев. - М. : Мир, 1969. - 607 с. Пер. изд. : Stattering theory of waves and particles / Roger G. Newton. - New York. (1 экз)
13. Фаддеев, Л. Д. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков [Текст] : учебное пособие / Л.Д. Фаддеев, О.А. Якубовский. - 2-е изд. - Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. - 255 с. (1 экз)
14. Ситенко А.Г. Лекции по теории рассеяния. Киев, «Вища школа», 1971. (1 экз)
15. Сунакава С. Квантовая теория рассеяния. М: Мир, 1979. (8 экз)
16. Тейлор Дж. Теория рассеяния. М: Мир, 1975. (2 экз)
17. В. де Альфаро, Т. Редже. Потенциальное рассеяние. М: Мир, 1966. (1 экз)
18. Бисноватый-Коган, Г. С. Релятивистская астрофизика и физическая космология / Г. С. Бисноватый-Коган. - М. : Красанд, 2011. - 363 с. - ISBN 978-5-396-00276-0 (2)
19. Окунь, Л. Б. Лептоны и кварки / Л. Б. Окунь. - 3-е изд., стер. - М. : Едиториал УРСС, 2005. - 348 с. - ISBN 5-354-01084-5 (1)
20. Зелевинский В.Г. Лекции по квантовой механике / В. Г. Зелевинский. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. - 498 с. - ISBN 5-94087-021-X (1)
21. Клапдор-Клайнротхаус, Г. В. Астрофизика элементарных частиц / Г.В. Клапдор-Клайнротхаус, Кау Цюбер; Пер.с нем.,Под ред.А.А.Беднякова. - М.: Ред. журн."Успехи физич.наук", 2000. - 496 с. - ISBN 5855040127 (1)
22. Райдер, Л. Элементарные частицы и симметрии/ Л. Райдер. - М.: Наука, 1983. - 317 с. (2)
23. Пескин, М. Е. Введение в квантовую теорию поля / М.Е. Пескин, Д.В. Шредер. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. - 783 с. - ISBN 5-93972-083-8 (1)
24. Вайнберг, С. Квантовая теория поля / С. Вайнберг. - М.: Физматлит, 2003. Т.1 : Общая теория. - 648 с. - ISBN 5-9221-0403-9 (2)

Материалы по курсу 6-го семестра доступны на странице

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/korenb.html , в частности:

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb//TDSPH/radscet.htm

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/zadan.pdf

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/qm_ngu.pdf

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/am_j_phys_2002.pdf

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/S0217732315500741.pdf

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/par_kor_93.djvu

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/tmf5265.pdf

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPH/levinson.swf

Материалы и книги по курсу 7-го семестра доступны на сайте

http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/homepage/sinegovsky.html.

в) программа «Квант» (<http://sourceforge.net/projects/quantx/>).

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

<https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;

<http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;

<http://rucont.ru> - ЭБС «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;

<http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс»- интернет ресурсы в свободном доступе;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий используются учебные аудитории с меловой доской, также занятия могут проходить в компьютерном классе с современной вычислительной техникой и соответствующим программным обеспечением. В классе имеются стационарные компьютеры. Компьютеры имеют доступ к локальной сети университета и выход в Интернет. На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Пакеты программ для выполнения расчетов и обработки численных результатов: Compaq Visual FOTRAN , Visual C++, Python (3.4.3), ROOT. Стандартная библиотека пакета Python

<http://pythonworld.ru/osnovy/skachat-python.html> предоставляет широкий набор средств. Содержит встроенные модули, написанные на языке C, обеспечивающие доступ к стандартизованным решениям многих задач программирования. Часть этих модулей организована так, чтобы обеспечить (усилить) мобильность программ, написанных на языке Python - т. е. возможность их переноса с одного компьютера на другой. Установщик Python на платформе Windows обычно включает целиком стандартную библиотеку и много других дополнительных компонент. Для операционных систем Unix (Linux) Python обеспечивает доступ к набору пакетов, которые обеспечивают возможность использовать инструментарий операционной системы.

10. Образовательные технологии:

- лабораторные занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения задач;
- консультации –еженедельно для желающих студентов;

- самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине; чтение литературы, завершение лабораторных работ, графическую обработку данных и составление отчетов;
- текущий контроль работы студентов осуществляется через письменные и устные отчеты по выполненным лабораторным работам.

11. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля: не требуются.

11.2. Оценочные средства текущего контроля.

5 семестр

Контрольные задачи для проведения текущего контроля.

1. Дайте определение волновой функции.
2. Сформулируйте условия, которым удовлетворяет волновая функция.
3. Запишите уравнение Шредингера.
4. Запишите стационарное уравнение Шредингера.
5. Запишите формулу тока вероятности.
6. Запишите уравнение непрерывности для тока вероятности.
7. Запишите волновую функцию свободно движущейся частицы.
8. Определите нормировку волновой функции свободно движущейся частицы.
9. Запишите уравнение Шредингера для бесконечно глубокой потенциальной ямы.
10. Запишите уравнение Шредингера для ямы конечной глубины.
11. Дайте определение коэффициента прохождения и отражения.
12. Запишите спектр для параболического потенциала.
13. Запишите основные свойства линейного эрмитового оператора.

Пример вопросов для собеседования

1. Описать операторный формализм квантовой механики.
2. Дать определение самосопряженных операторов в гильбертовом пространстве.
3. Указать основные свойства собственных функций.
4. Вычисление вероятностей результатов измерения динамической величины в произвольном состоянии.
5. Условие одновременной измеримости динамических величин.
6. Ввести операторы координаты и импульса и их собственные функции. Указать отличия координатного и импульсного представления.

6 семестр

Вопросы для текущего контроля:

1. Дайте определение вероятности в терминах волновой функции.
2. Сформулируйте условия, которым удовлетворяет волновая функция.
3. Запишите нестационарное уравнение Шредингера.
4. Запишите стационарное уравнение Шредингера.
5. Запишите формулу для тока вероятности.
6. Запишите уравнение непрерывности для тока вероятности.
7. Запишите волновую функцию свободной частицы с импульсом p .
8. Определите нормировку волновой функции свободно движущейся частицы.
9. Запишите уравнение Шредингера для кулоновского потенциала.
10. Дайте определение коэффициента прохождения и отражения.

Текущий контроль в 7 семестре осуществляется путем заслушивания отчетов по лабораторным работам.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Форма проведения промежуточной аттестации — зачет.

Примерный перечень вопросов и заданий к зачёту

5 семестр

1. Уравнение Шредингера.
2. Стационарное уравнение Шредингера.
3. Волновая функция. Нормировка волновой функции.
4. Волновая функция. Нормировка на поток частиц.
5. Плотность тока вероятности. Уравнение неразрывности для тока.
6. Координатное и импульсное представление волновой функции.
7. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Импульсное представление волновой функции.
8. Частица в параболическом потенциале.
9. Импульсное представление основного состояния в параболическом потенциале.

6 семестр

1. Формулы сшивки метода ВКБ и асимптотическое поведение функции Эйри.
2. Основные представления, свойства и асимптотическое поведение функции $\Gamma(z)$.
3. Ортогональность, полнота, представления и асимптотики полиномов Лежандра.
4. Асимптотический характер ВКБ-ряда по степеням постоянной Планка
5. Теорема Левинсона как следствие аналитических свойств функции Йоста.
6. Нормировка, ширина и физический смысл произвольного волнового пакета.
7. Расплывание гауссового волнового пакета. Сохранение нормировки.
8. Оптическая теорема для одномерного рассеяния.
9. Безотражательные потенциалы. Примеры и свойства.
10. Распад квазистационарного состояния и резонанс. Время задержки.

7 семестр

1. Используя законы сохранения (энергии-импульса и квантовых чисел), определите, какие из реакций возможны:

- 1) $n \rightarrow \mu^+ + \mu^- + \gamma$, 2) $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$, 3) $\mu^+ \rightarrow e^+ + e^- + e^+$,
- 4) $K^+ + n \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$, 5) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$, 6) $\Sigma^+ \rightarrow n + e^+ + \nu_e$
- 7) $\Sigma^+ \rightarrow \Lambda^0 + e^+ + \nu_e$ 8) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$, 9) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$
- 10) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$, 11) $\pi^- \rightarrow e^- + \nu_e$, 12) $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$

2. Какие процессы доминируют в электронно-фотонных ливнях, генерируемых при взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли?

3. Какие основные процессы отвечают за развитие ядерного (адронного) каскада в атмосфере (ядерной компоненты ШАЛ)?

4. Сформулируйте точно решаемую модель ядерного каскада, порожденного космическим лучами в атмосфере, и приближения, используемые при решении реальной задачи.

5. При каком условии можно отщепить нуклонную часть ядерного каскада ШАЛ от мезонной?

6. К какому типу процессов (заряженные или нейтральные токи) отнесете взаимодействия нейтрино с дейтроном: $\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$; $\nu_e + d \rightarrow n + p + e^-$; $\nu_\mu + d \rightarrow p + n + \nu_\mu$?

7. К какому типу процессов отнесете рассеяние нейтрино на электроны: $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_\mu + e^-$; $\nu_e + e^- \rightarrow \nu_e + e^-$?

Разработчики:




доцент кафедры теоретической физики

В.П. Ломов



профессор кафедры теоретической физики

С.Э. Коренблит



профессор кафедры теоретической физики

С.И. Синеговский

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики
«31» мая 2017 г.

Протокол № 8 Зав. кафедрой  С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.