

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ
академик РАН А. Е. Бондарь
«04» 10 2020 г.



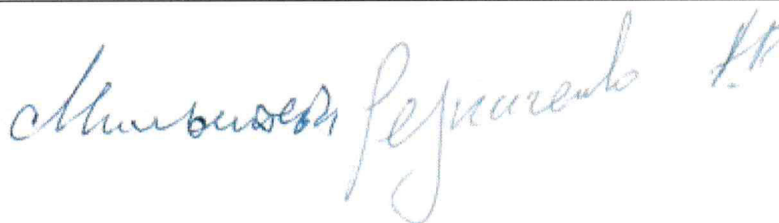
**Рабочая программа дисциплины
Тьюториал по квантовой теории 1**

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 3, семестр 5**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	36		16		20					
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - в интерактивных формах 16 часов (практические занятия)										
Компетенции: ОПК-3										

Разработчики:
д.ф.-м.н., проф.
к.ф.-м.н., доцент



А. И. Мильштейн
А. В. Резниченко

И. о. зав. кафедрой ТФ ФФ НГУ
к.ф.-м.н., доцент



А. И. Черных

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.



С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

Содержание	
Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	5
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	7

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Тьюториал по квантовой теории 1»

Направление: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Программа дисциплины «Тьюториал по квантовой теории 1» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ.

Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы и предлагается студентам третьего курса физического факультета в качестве одной из факультативных дисциплин кафедрой теоретической физики.

Дисциплина ведется параллельно с дисциплиной по выбору из вариативной части программы «Квантовая теория 1» и предоставляет возможность обучающимся получать дополнительные разъяснения и развить навыки по решению тех же типов задач, которые рассматриваются в рамках курса «Квантовая теория 1».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональной компетенции:

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

- **Владеть:** навыками решения задач по квантовой теории.

Дисциплина рассчитана на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: проверка решения задач, заданных на самостоятельную подготовку.

Промежуточная аттестация: не предусмотрена.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **36** академических часов / **1** зачётная единица.

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

Учебная дисциплина «Тьюториал по квантовой теории 1» предназначена для развития навыков решения задач по квантовой теории.

Дисциплина является факультативной и способствует развитию общепрофессиональной компетенции:

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

Дисциплина проводится в форме практических занятий, на которых решаются типовые задачи по квантовой теории, проводится разбор заданий, выполняемых обучающимися в рамках самостоятельной работы. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение задачи, но и способность доходчиво донести его до всей аудитории. Умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Владеть:** навыками решения задач по квантовой теории (ОПК-3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Тьюториал по квантовой теории 1» реализуется в осеннем семестре 3 курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика». Для восприятия дисциплины требуется предварительная подготовка студентов по электродинамике, математике (дифференциальное и интегральное исчисления). Дисциплина является факультативной. Она ведётся параллельно с дисциплиной по выбору вариативной части программы «Квантовая теория 1» и предоставляет возможность обучающимся получать дополнительные разъяснения и приобрести дополнительные навыки по решению тех же типов задач, которые рассматриваются в рамках курса «Квантовая теория 1».

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	36		16		20					
Всего 36 часов / 1 зачётная единица										
Компетенции: ОПК-3										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её текущий контроль преподавателями во время практических занятий. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: проверка решения задач, выполненных студентами в рамках самостоятельной работы, разбор обучающимися у доски решения задач, предлагаемых непосредственно во время практических занятий.

- промежуточная аттестация: не предусмотрена.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачётную единицу.

- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 20 часов;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (практические занятия) составляет 16 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 18 часов (практические занятия).

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятие 1-9. Решение задач по теме:

1. Математические основы квантовой механики. Одномерное движение.
2. Мелкая яма. Точные решения в одномерных потенциалах.
3. Свойства уравнения Шрёдингера.
4. Прохождение через потенциальный барьер в одномерном случае.
5. Осциллятор. Системы с несколькими степенями свободы. Периодический потенциал.
6. Гайзенберговское представление. Унитарные преобразования. Представление взаимодействия.
7. Движение в магнитном поле.
8. Момент импульса. Спин. Сложение моментов.
9. Движение в центральном поле.

Самостоятельная работа студентов (16 часов)

Перечень занятий на СРС	Объём, час
Подготовка к практическим занятиям (выполнение заданий)	16

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. — Изд. 4-е, испр. — Москва: Наука, 1989. — 767 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. III).
2. Зелевинский В.Г. Лекции по квантовой механике. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. — 498 с.: ил.

3. Сербо В.Г., Хриплович И.Б. Квантовая механика: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2010. — 273 с.: ил.
4. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука 1992. — 879 с.: ил.

5.2. Дополнительная литература

1. Борн М. Атомная физика. — 3-е изд. — М.: Мир, 1970. — 484 с.
2. Бете Г.А. Квантовая механика. — М.: Мир, 1965. — 333 с.
3. Гольдман И.И., Кривченков В.Д. Сборник задач по квантовой механике. — М.: УНЦ ДО, 2001. — 275 с.: ил. — Репринт. воспроизведение изд. 1957 г.
4. Фейнман Р.Ф., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. — М.: Мир, 1968. — 382 с.
5. Флюгге З. Задачи по квантовой механике [в 2 томах]. — М.: Мир, 1974.
6. Мессиа А. Квантовая механика, том 1. — Москва: Наука, 1978. — 478 с.: ил.
7. Базь А.И., Зельдович Я.Б., Переломов А.М. Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Москва: Наука, 1971. — 544 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

6.1. Видеолекции по курсу квантовой теории:

1. Лекции проф. В.Ф. Дмитриева, НГУ, 2012 г.:
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLE61A955CA34AD967>
2. Лекции ак. Герштейна С.С., лекторий МФТИ, 2013 г.:
<https://lectoriy.mipt.ru/course/TheoreticalPhysics-QuantumMechanics-13L>
3. Lectures by Dr. Barton Zwiebach, Quantum Physics 1, MIT, 2016:
<https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/>

6.2. Дополнительное информационное обеспечение:

1. Доступ к информационным ресурсам, выложенным на сайте
<http://www.inp.nsk.su/students/theor/>
(в частности, пример программы в системе Mathematica для численного решения уравнения Шрёдингера:
http://wwwold.inp.nsk.su/students/theor/postgraduate_courses-3/Lee-0.nb)
2. Программа bound-states_en визуализации решений уравнения Шрёдингера:
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/bound-states>
3. Программа quantx численного решения уравнения Шрёдингера:
<http://sourceforge.net/projects/quantx>
Описание работы программы quantx дано в пособии:
Коткин Г.Л., Ткаченко В.А., Ткаченко О.А. Компьютерный практикум по квантовой механике. Новосибирск, НГУ, 1996.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть «Интернет».

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Тьюториал по квантовой теории 1» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе практических занятий: проверка решения задач, выполненных студентами в рамках самостоятельной работы, разбор обучающимися у доски решения задач, предлагаемых непосредственно во время практических занятий.

Промежуточная аттестация

Не предусмотрена.

10.2. Типовые задания, предлагаемые для самостоятельной подготовки и разбираемые на практических занятиях

Задание №1

1. Маятник, состоящий из частицы с массой m , прикрепленной к концу упругого невесомого стержня с длиной l , находится в основном состоянии в гравитационном поле. Оценить с помощью соотношения неопределенности неопределенность угла отклонения маятника от вертикали.
2. Доказать, что для потенциала, удовлетворяющего условиям $U(-x)=U(x)$ и $U(x) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \pm \infty$, выполняется соотношение $A^*B+AB^* = 0$ между амплитудой прошедшей волны B и амплитудой отраженной волны A . Доказать, что для несимметричного потенциала, $U(-x) \neq U(x)$, коэффициент прохождения не зависит от направления падающей волны.
3. В узком цилиндре длины l , закрытом с обоих концов, находятся две частицы с массами m_1 и m_2 . Частицы разделены поршнем массы $M \gg m_1, m_2$. Поршень может двигаться без трения. Используя адиабатическое приближение (вспомните аналитическую механику), найти энергию основного и первого возбужденного состояния системы.
4. Найти энергии и ширины квазистационарных состояний частицы массы m в потенциале $U(x)=g_1\delta(x-a)+g_2\delta(x+a)$ при условии $mg_{1,2}a / \hbar^2 \gg 1$. Найти отношение вероятностей вылететь частице налево и направо.
5. При $t=0$ состояние линейного осциллятора с частотой ω задано волновой функцией $\psi(x, 0) = A e^{i q x} / (x^2 + a^2)$. Определить средние значения координаты и импульса при $t > 0$. Воспользоваться гайзенберговским представлением.
6. Заряженная частица находится в постоянном однородном магнитном поле \mathcal{H} , направленном по оси z . Найти коммутационные соотношения для компонент скорости. Показать, что операторы $x_0 = x + v_y / \omega$ и $y_0 = y - v_x / \omega$ коммутируют с гамильтонианом, $\omega = e \mathcal{H} / (mc)$. Найти коммутатор x_0 и y_0 .

Задание №2

1. Частица имеет угловой момент $L=1$ и проекцию m на ось z . Найти вероятности иметь проекции момента ± 1 и 0 на ось $\vec{\lambda}$, направленную под углом θ к оси z . Указание: рассмотреть средние значения операторов $\vec{\lambda}\vec{l}$ и $(\vec{\lambda}\vec{l})^2$.
2. Для двух частиц со спином $1/2$ найти среднее значение оператора $(s_1\mathbf{a})(s_2\mathbf{b})$ по состоянию χ_{00} с полным спином $S=0$ (здесь \mathbf{a} и \mathbf{b} – постоянные векторы).
3. Гамильтониан взаимодействия двух частиц со спином $1/2$ имеет вид $H=g\mathbf{S}_1\mathbf{S}_2$, где g – константа. В момент времени $t=0$ первая частица поляризована вдоль оси z , а вторая – вдоль оси x . Найти среднее значение спина \mathbf{S}_1 первой частицы в ненулевой момент времени.
4. Волновая функция трехмерного ротатора ($H=\vec{l}^2/(2I)$) в момент времени $t=0$ равна $\psi(\theta, \phi, t = 0) = A (\sin \theta \cos \phi)^2$. Найти $\psi(\theta, \phi, t > 0)$.
5. Взаимодействие протона и нейтрона, приводящее к образованию дейтона с энергией связи 2.2 МэВ, моделируется прямоугольной ямой с шириной 1.2 ферми. Определить глубину ямы.
6. Найти распределение плотности электрического заряда относительно центра инерции в атоме, состоящем из частицы π^+ с массой 140 МэВ/ c^2 и частицы μ^- с массой 106 МэВ/ c^2 . Частицы взаимодействуют по закону Кулона, $U(r)=-e^2/r$. Атом находится в основном состоянии.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Тьюториал по квантовой теории 1»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного