

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет
Кафедра теоретической физики

Утверждено
решением ученого совета ННГУ
(протокол от 16.06.2021 г. №8)

Рабочая программа дисциплины

Квантовая механика

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Направленность (профиль): "Материалы микро- и наносистемной техники"

Форма обучения: очная

Нижний Новгород, 2022

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая механика» относится к базовой части Б1.Б блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на третьем году обучения, в шестом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Математика», «Теоретическая механика», «Атомная физика», «Электродинамика», «Методы математической физики».

Цели и задачи освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Квантовая механика» являются:

- формирование у студентов современного представления о методах квантового описания явлений, происходящих на атомных или субатомных масштабах;
- освоение студентами практически важных методов решения основных типов задач квантовой механики, актуальных для последующей специализации в рамках выбранного направления подготовки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Код компетенции*	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Знать основные положения, точно решаемые модели, а также приближенные методы квантовой механики	1. Индивидуальное собеседование. 2. Выполнение практических заданий.
		Уметь применять полученную теоретическую базу в области квантовой физики для решения профессиональных задач.	1. Индивидуальное собеседование. 2. Выполнение практических заданий.
		Владеть навыками решения основных типов задач, требующих привлечения методов квантовой механики	Выполнение практических заданий.
ОПК ОС-8.	Способен применять фундаментальные знания о физических свойствах систем с пониженной размерностью и учитывать современные тенденции развития нанотехнологий в своей профессиональной деятельности	Знать фундаментальные физические свойства систем с пониженной размерностью.	1. Индивидуальное собеседование. 2. Выполнение практических заданий.
		Уметь применять знания о физических свойствах систем с пониженной размерностью	1. Индивидуальное собеседование. 2. Выполнение практических заданий.

		Владеть навыками применения методов исследования систем с пониженной размерностью	Выполнение практических заданий.
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия практического типа	48
самостоятельная работа	30 (работа в семестре) 36 (на подготовку к экзамену)
Промежуточная аттестация	6 семестр – экзамен

3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Уравнения движения. Взаимодействия в природе. Механическое движение. Система отсчета. Силы. Законы Ньютона. Законы сохранения в ньютоновской механике. Прямая и обратная задачи механики. Пределы применимости классической механики. Функция Лагранжа системы материальных точек в декартовых координатах. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа в обобщенных координатах. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.	12	5	4	—	9	3

Обобщенный импульс. Свойства ковариантности уравнений Лагранжа. Свойства функции Лагранжа. Функция Лагранжа незамкнутой системы.						
2. Законы сохранения. Интегралы движения механических систем. Интегралы движения, связанные с симметрией пространства: механическая энергия, импульс, момент импульса. Законы преобразования интегралов движения (механическая энергия, импульс, момент импульса) при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой инерциальной системе отсчета. Центр инерции. Формулировка и смысл теоремы Нётер.	12	5	4	—	9	3
3. Интегрирование уравнений движения. Принцип относительности Галилея. Обратимость механического движения. Механическое подобие. Теорема о средних энергиях (теорема вириала). Одномерное движение. Движение вблизи точки поворота. Период колебаний для финитного движения, его зависимость от полной механической энергии.	12	5	4	—	9	3
4. Распады и столкновения частиц. Задача о движении двух тел. Приведенная масса. Центральные силовые поля. Эффективная потенциальная энергия. Падение частиц на центр поля. Движение в кулоновском поле. Законы Кеплера. Интегрирование уравнений движения в центральном поле. Траектория частицы, свойства траектории. Самопроизвольный распад частиц. Рассеяние частиц на неподвижном силовом центре. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния. Рассеяние в кулоновском поле. Формула Резерфорда.	12	5	4	—	9	3
5. Малые колебания. Линейные колебания систем с одной степенью свободы: свободные, вынужденные, колебания при наличии сил вязкого трения. Элементы теории ангармонических колебаний системы с одной степенью свободы. Понятие о	13	6	4	—	10	3

<p>параметрическом резонансе. Лагранжиан системы с несколькими степенями свободы в линейной теории колебаний. Классификация состояний равновесия системы. Уравнения движения в режиме малых колебаний и их решение. Собственные частоты. Нормальные колебания и нормальные координаты. Функция Лагранжа многомерной колебательной системы в нормальных координатах. Вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы. Колебания линейных цепочек: линейные и нелинейные. Комбинационные частоты.</p>						
<p>6. Движение твердого тела. Кинематика твёрдого тела. Мгновенная ось вращения. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Момент импульса твёрдого тела. Функция Лагранжа и уравнения движения твёрдого тела. Функция Лагранжа и уравнения движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции. Законы преобразования импульса, момента импульса и механической энергии при переходе от инерциальной системы отсчета к равномерно вращающейся.</p>	12	6	3	—	9	3
<p>7. Канонические уравнения. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы движения в гамильтоновской механике. Скобки Пуассона и их свойства. Действие механической системы как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона-Якоби. Фазовое пространство и фазовые траектории. Теорема Лиувилля. Адиабатические инварианты.</p>	12	6	3	—	9	3
<p>8. Специальная теория относительности. Релятивистская кинематика. Принцип относительности Эйнштейна. 4-интервал, его инвариантность при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Классификация событий: времени- и пространственноподобные интервалы.</p>	10	5	3	—	8	2

Преобразования Лоренца. Лоренцево сокращение длины. Лоренцево замедление. Собственное время. Релятивистское сложение скоростей. 4-векторы, 4-тензоры.						
9. Релятивистская динамика. Принцип наименьшего действия для свободной частицы в релятивистской механике. Функции Лагранжа и Гамильтона свободной релятивистской частицы. Энергия и импульс релятивистской частицы. Четырехмерная форма релятивистской механики. 4-скорость, 4-ускорение, 4-сила. Законы сохранения энергии и импульса в четырехмерном виде. Столкновения релятивистских частиц.	10	5	3	—	8	2
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – зачет и экзамен						

4. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) методика «вопросы и ответы»;
- 4) выполнение практического задания у доски;
- 5) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 6) работа в парах над практическим заданием;
- 7) работа в малых группах над практическим заданием;
- 8) методика «мозговой штурм».

5. Учебно-методическое обеспечение, формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКА СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ						
	Плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала или невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок.	Уровень знаний в объеме, полностью соответствующем программе подготовки, допущены одна-две незначительных ошибки.	Уровень знаний в объеме, полностью соответствующем программе подготовки, либо, возможно, превышающем ее. Без ошибок.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений или невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа.	При решении стандартных задач и/или выполнении стандартных практических заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками и/или выполнены все практические задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками и/или выполнены все практические задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми недочетами и/или выполнены все практические задания, в полном объеме, но некоторыми с небольшими недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами и/или выполнены все практические задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи и/или выполнены все практические задания, в полном объеме без недочетов.
<u>Навыки (владения)</u>	Отсутствие владения материалом или невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.	При решении стандартных задач и/или выполнении стандартных практических заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач и/или выполнения стандартных практических заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач и/или выполнении практических заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач и/или выполнении практических заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач и/или выполнении нестандартных практических заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач и/или выполнению нестандартных практических заданий.

Характеристика сформированности компетенции	Компетенция совершенно не сформирована. Отсутствуют знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (профессиональных) задач.	Компетенция не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков явно недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям, но есть недочеты. Имеющихся знаний, умений и навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам.	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенции превышает стандартные требования. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для применения творческого подхода к решению сложных практических (профессиональных) задач.
---------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.2 Описание шкал оценивания

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Теоретическая механика» являются зачет и экзамен.

По итогам зачета выставляются оценки «Не зачтено» (означает отсутствие аттестации) или «Зачтено» (означает прохождение первого этапа промежуточной аттестации – зачета). В случае прохождения зачета обучающийся допускается ко второму этапу промежуточной аттестации – экзамену.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Аттестация по дисциплине проходит в виде экзамена. Оценка выставляется по результатам оценивания качества выполнения лабораторных работ, полноты объяснения алгоритмов их выполнения, написания тестов и полноты ответа на поставленные в процессе экзамена вопросы в рамках полученного экзаменационного билета.

Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Уровень освоения компетенции	Отличительные признаки
Начальный	<ul style="list-style-type: none"> - имеет основные знания о теории дифракции электронов; - знает и умеет применять основную формулу электронографии, понимает, какие факторы влияют на точность расчетов при ее использовании; - знает правила построения и умеет расшифровывать и строить эталонные точечные электронограммы от кубических монокристаллов; - знает основные узлы просвечивающего электронного микроскопа, их назначения, режимов работы микроскопа, ход лучей в ПЭМ; - знает геометрию основных типов электронограмм (поликристалл, монокристалл, текстура); - Имеет понятие об обратном пространстве и сфере Эвальда. Имеет основные понятия о математическом аппарате дифракции.
Продвинутый	<ul style="list-style-type: none"> - владеет понятием об атомной, структурной амплитудах, структурном факторе. Умеет рассчитывать законы погасания для кубических кристаллов; - имеет представление об осветительной системе просвечивающего электронного микроскопа. Знает устройство просвечивающего электронного микроскопа (электронная пушка, электромагнитные линзы, апертуры, держатель образцов); - знает кинематическую теорию контраста в ПЭМ. - объясняет принцип изображения плоских дефектов кристаллического строения, дислокационной структуры, дефектов упаковки; - владеет навыками анализа дифракционных картин и идентификации исследуемых материалов.
Высокий	<ul style="list-style-type: none"> - владеет знаниями о динамической теории рассеяния; - знает методы борьбы с абберациями электронных линз; - различает и умеет выбирать режимы просвечивающего электронного микроскопа (светлопольное, темнопольное, кольцевое темнопольное, режим микродифракции, фазовый контраст, сканирующая просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская энергодисперсионная спектроскопия и др.); - понимает основы двух и многопучкового приближения при формировании картин высоко разрешения в просвечивающем электронном микроскопе. - обрабатывает данные рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии в просвечивающем электронном микроскопе; - расшифровывает электронограммы с кикучи-линиями, знает применение электронограмм с кикучи-линиями; - отличает методы препарирования образцов для просвечивающего электронного микроскопа, может объяснить выбор того или иного метода для минимизации паразитного вторичного излучения и увеличения аналитического сигнала; - понимает влияние состава на свойства вещества, в том числе на свойства наноструктурированных объектов;

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания на зачете являются наличие умений и владений (навыков), перечисленных настоящей Рабочей программы дисциплины. Критериями оценивания на экзамене являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

6.4.1. При проведении экзамена предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Теоретическая механика»:

1. Обобщенные координаты и скорости. Вариационный принцип наименьшего действия.
2. Параметрический резонанс.
3. Функция Лагранжа механической системы. Уравнения Лагранжа.
4. Твёрдое тело. Кинематика твердого тела.
5. Функция Лагранжа и её свойства.
6. Тензор инерции твердого тела.
7. Интегралы движения механических систем, связанные с симметрией внешних полей.
8. Момент импульса твердого тела.
9. Преобразования Галилея. Преобразование интегралов движения механических систем.
10. Уравнения движения твердого тела.
11. Инвариантность уравнений движения относительно преобразований Галилея.
12. Углы Эйлера.
13. Теорема вириала.
14. Уравнения Эйлера.
15. Одномерное движение. Общие свойства одномерного движения.
16. Функция Гамильтона механической системы. Канонические уравнения Гамильтона.
17. Положения равновесия и их устойчивость.
18. Скобки Пуассона и их свойства.
19. Центр инерции. Задача «двух тел».
20. Действие механической системы как функция координат и времени.
21. Движение в центральном поле. Интегралы движения.
22. Канонические преобразования в гамильтоновой механике.
23. Центральное поле: уравнение траектории частицы, финитное и инфинитное движение, условие замкнутости траектории финитного движения частицы в центральном поле.
24. Теорема Лиувилля.
25. Падение частиц на центр поля.
26. Постулаты Эйнштейна в специальной теории относительности.
27. Движение частиц в кулоновском поле (Кеплерова задача).
28. Преобразования Лоренца для координат и времени.
29. Рассеяние частицы на неподвижном силовом центре. Угол рассеяния.
30. Преобразования Лоренца и их следствия. Собственная длина и собственное время.
31. Рассеяние частиц неподвижным силовым центром. Сечение рассеяния.
32. Релятивистский закон сложения скоростей.
33. Формула Резерфорда в теории рассеяния.
34. Четырёхмерный интервал. Времени- и пространственно подобные интервалы.

35. Рассеяние частицы на подвижном силовом центре.
36. Световой конус.
37. Распад частиц.
38. Функция Лагранжа и функция Гамильтона свободной релятивистской частицы.
39. Свободные малые одномерные колебания.
40. Пространство-время Минковского. Четыре-векторы и четыре-тензоры. Метрический тензор.
41. Малые колебания систем с несколькими степенями свободы. Нормальные колебания.
42. Четыре-векторы скорости, ускорения и импульса релятивистской частицы.
43. Колебания при наличии трения. Диссипативная функция.
44. Уравнения движения релятивистской частицы.
45. Вынужденные колебания при наличии трения.
46. Распады в релятивистской механике.
47. Нелинейные колебания. Движение нелинейного осциллятора.
48. Упругие столкновения релятивистских частиц. Эффект Комптона.

6.4.2. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие вопросы:

1. Интегрирование одномерных уравнений движения.
2. Движение твердого тела.
3. Колебательная динамика линейных одномерных и многомерных систем.
4. Интегрирование канонических уравнений Гамильтона.
5. Преобразования Лоренца.
6. Интегрирование релятивистских уравнений движения.

6.4.3. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Определить период одномерного движения частицы массы m с энергией E в потенциальном поле вида $U(x) = \frac{1}{2}kx^2$.
2. Два математических маятника одинаковой длины связаны между собой пружиной с жесткостью k , укрепленной на расстоянии l от точки подвеса. Определить частоты малых колебаний, а также найти нормальные колебания системы.
3. Найти главные значения тензора инерции и главные оси инерции однородного кругового конуса высоты h и радиуса основания R .
4. Определить закон движения однородного цилиндра радиуса R , катящегося по внутренней стороне цилиндрической поверхности радиуса R_0 .
5. Найти интегралы движения для частицы, движущейся: а). в поле $U(x,y,z)$; б). в постоянном однородном магнитном поле напряженности H , если векторный потенциал магнитного поля выбран в виде $A = \frac{1}{2}Hy$.
6. Найти дифференциальное эффективное сечение рассеяния частиц, скорость которых до рассеяния параллельна оси Oz , на гладкой упругой поверхности вращения $z = R \sin \theta$.
7. Найти функцию Лагранжа системы, если её функция Гамильтона равна $H = \frac{1}{2}mv^2 + U(x,y,z)$, где постоянный вектор U .
8. Вычислить скобки Пуассона $\{p_i, p_j\}$, вектор момента импульса L .
9. Определить траекторию частицы в поле $U(x,y,z)$, используя интеграл движения $H = E$.

10. При каких значениях момента импульса возможно финитное движение частицы в поле ?
11. Определить закон движения релятивистской заряженной частицы в постоянном однородном электрическом поле напряженности E , если в начальный момент времени частица находилась в точке пространства с координатой x_0 и имела импульс p_0 .
12. Найти угол, который будет образовывать стержень длины l с осью лабораторной системы отсчета, если в движущейся со скоростью v системе отсчета стержень параллелен оси абсцисс и движется против оси ординат со скоростью u .
13. Найти скорость релятивистской частицы, если известны её кинетическая энергия и импульс.
14. Свет массы m падает на неподвижное тело массы покоя M и полностью отражается в обратном направлении (т.е., масса покоя тела не меняется). Найти скорость тела после отражения и массу отраженного света.
15. Свет массы m падает на неподвижное тело массы покоя M и отражается в обратном направлении с той же массой m . Найти массу покоя и скорость тела после отражения.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.
2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Курс теоретической физики. Том 1. Механика. – М.: Наука, 1988. – 256 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 20 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=445672&DB=1>
- 2) Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Курс теоретической физики. Том VII. Теория упругости. – М., Наука, 1987. – 246 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 20 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=72312&DB=1>
- 3) А.А. Перов, А.В. Тележников, Д.В. Хомицкий, Сборник задач по теоретической механике: учебно-методическое пособие, Н.Новгород, изд-во ННГУ, 2017, 78 с. Открытый доступ: http://www.unn.ru/books/met_files/TeorMex_Perov.rtf.

б) дополнительная литература:

- 1) Лурье А.И. – Аналитическая механика. – М.: ГИФМЛ, 1961. Открытый доступ: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lure1961ru.djvu>.
- 2) Ольховский И.И. – Курс теоретической механики для физиков. – М.: МГУ, 1978. – 575 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 10 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=239873>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной

информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 28.03.01 – «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Автор,
доцент кафедры
теоретической физики
к.ф.-м.н., доцент Д.В. Хомицкий

Рецензент:
заведующий кафедрой
физики полупроводников, электроники и нанoeлектроники
д.ф.-м.н., профессор Д.А. Павлов

Заведующий кафедрой
теоретической физики
д.ф.-м.н., доцент В.А. Бурдов

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «12» апреля 2021 г.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ А.А. Перов