



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИИСТ  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКА С ЭЛЕМЕНТАМИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ***

Направление подготовки (специальность)

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль/специализация) программы

Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1, 2

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 929)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

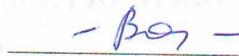
Председатель  И.Ю. Мезин

Согласовано:

Зав. кафедрой Вычислительной техники и программирования

 О.С. Логунова

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры Физики,  О.Н. Вострокнутова

Рецензент:

зав. кафедрой Механики, д-р техн. наук  А.С. Савинов

## Листактуализациирабочейпрограммы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### **1Целиосвоениядисциплины(модуля)**

Целью освоения дисциплины «Физика элементов квантовой механики» является формирование у обучающихся способности применять основные законы классической и современной физики, а также соответствующий физико-математический аппарат и методы моделирования для решения теоретических, прикладных и практических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

### **2Местодисциплины(модуля)вструктуреобразовательнойпрограммы**

Дисциплина Физика элементов квантовой механики

входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/практик:

Информатика

Прикладная математика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Моделирование

Обработка экспериментальных данных на ЭВМ

Основы квантовой информатики

Безопасность жизнедеятельности

### **3Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины(модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика элементов квантовой механики»

и

обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код инд	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК-1.1	Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
ОПК-1.2	Решает профессиональные задачи с применением методов теоретического и экспериментального исследования

#### 4. Структура, объём содержания дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 21,4 акад. часов;

– аудиторная – 20 акад. часов;

– внеаудиторная – 1,4 акад. часов

– самостоятельная работа – 222,7 акад. часов;

– подготовка к зачёту – 4 акад. часа

Форма аттестации – зачет, зачет со оценкой

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (вакад. часах)			Самостоятельная работа (зачетных единиц)	Вид самостоятельной работы	Формат текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Классическая механика								
1.1 Кинематика поступательного и вращательного движения	1	0,4		0,2	9	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №1	ОПК-1.1
1.2 Динамика поступательного и вращательного движения		0,6		0,3	16	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №1	ОПК-1.1, ОПК-1.2
1.3 Законы сохранения в механике		1	2/1 И	0,5	18	Проработка лекций, изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и обработке результатов	Отчет по лабораторной работе №1, контрольная работа №1	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	2/1	1	43			
2. Механические колебания и волны								
2.1 Механические колебания	1	0,6		0,3	16	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №1	ОПК-1.1, ОПК-1.2

2.2 Упругие волны		0,6	2/1 И	0,3	18	Проработка лекций, изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и обработка результатов	Отчет по лабораторной работе № 7, контрольная работа №1	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		1,	2/1	0,6	34			
3. Релятивистская механика								
3.1 Релятивистская кинематика и динамика	1	0,4		0,2	10	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №1	ОПК-1.1
Итого по разделу		0,		0,2	10			
4. Аналитическая механика								
4.1 Основы аналитической механики	1	0,4		0,2	6,3	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №1	ОПК-1.1
Итого по разделу		0,		0,2	6,			
Итого за семестр		4	4/2	2	93		зачёт	
5. Волновая и квантовая оптика								
5.1 Интерференция световых волн		0,7	0,5/0,2 И		15,2	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
5.2 Дифракция световых волн	2	0,7	2/1, 5И		15,2	Проработка лекций, изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и обработка результатов	Отчет по лабораторной работе № 34, контрольная работа № 2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
5.3 Квантовая оптика		0,6	0,5/0,2 И		23	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	3/1,		53			
6. Квантовая механика								

6.1 Основные положения и математический аппарат квантовой механики	0,5	0,2/0,1 И		15	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1
6.2 Уравнение Шрёдингера	0,5	0,3/0,2 И		15	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
6.3 Движение в центрально-симметричном поле	2	0,4	2/1,5 И	23	Проработка лекций, изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и обработке результатов	Отчет по лабораторной работе №42, контрольная работа № 2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
6.4 Системы тождественных частиц	0,3	0,2/0,1 И		8	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
6.5 Приближенные методы решения квантовых механических задач	0,3	0,3/0,2 И		15	Проработка лекций, изучение теоретического материала, решение	Контрольная работа №2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу	2	3/2,		76			
Итого за семестр	4	6/4		12		зао	
Итого по дисциплине	8	10/6 И	2	22,2,		зачет, зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Физика элементов квантовой механики» при меняются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Используются следующие виды лекций:

вводная лекция –

в начале курса и в начале каждого семестра (вводный блок в состав лекции);

лекция-информация – в этой форме излагается основная часть материала;

обзорная лекция –

в заключительной части изучения дисциплины, посвященной современной физической картине мира, а также при систематизации и обобщении отдельных разделов;

проблемная лекция –

используется как элемент в состав лекции, когда перед студентами ставится некоторая проблема и предлагается найти подходящий путь к ее решению;

лекция-конференция – научно-

практическое занятие с системой докладов на заданные темы, подготовленных студентами.

лекция-визуализация –

лекции с применением физических демонстраций с объяснением происходящих явлений, а также компьютерных симуляций и учебных фильмов.

Все виды лекций проводятся с использованием мультимедийного оборудования.

Семинарские занятия включают всебя такие методы обучения, как учебная дискуссия, в ходе которой студенты излагают свое мнение и обмениваются взглядами на проблему, эвристическая беседа, стимулирующая коллективное мышление и совместный поиск ответа на сформулированный вопрос или задачу, а также индивидуальное обучение, когда студентам выдаются задания с учетом их индивидуальных особенностей.

При проведении лабораторных занятий практикуется работа в команде (2-4 человека) и использование IT-методов для обработки результатов лабораторных работ.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлено в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Кузнецов, С.И. Физика: Механика. Механические колебания и волны.

Молекулярная физика. Термодинамика : учеб. пособие / С.И. Кузнецов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. — 248 с. - ISBN 978-5-9558-0317-3 (Вузовский учебник) ; ISBN 978-5-16-006894-7 (ИНФРА-М). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/412940> (дата обращения: 02.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения.

Элементы атомной и ядерной физики: Учебное пособие / Кузнецов С.И., Лидер А.М.-3 изд., перераб. и доп. - Москва : Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015-212с. ISBN 978-5-9558-0350-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/438135> (дата обращения: 02.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Мозолевская, Т. В. Основы квантовой механики и физики атома : учебное пособие / Т.В. Мозолевская, Ю.В. Филиппенко ; под ред. проф. В.А. Якимова. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 108 с. — (Военное образование). - ISBN 978-5-16-015428-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053868> (дата обращения: 02.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

### б)Дополнительнаялитература:

1.Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / Ф. Р. Гантмахер; Под ред. Е. С. Пятницкого. - 3-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-0067-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/420627> (дата обращения: 02.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

2.Давыдов, А. П. Курс лекций по квантовой механике. Математический аппарат квантовой механики : учебное пособие / А. П. Давыдов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2014 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1444.pdf&show=dcatalogues/1/1123965/1444.pdf&view=true> (дата обращения: 04.11.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### в)Методическиеуказания:

1.Механика. Молекулярная физика и термодинамика : лабораторный практикум / Е. Н. Астапов, З. Н. Ботнева, Л. С. Долженкова и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2420.pdf&show=dcatalogues/1/1130121/2420.pdf&view=true> (дата обращения: 02.11.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2.Физика твердого тела, атома и атомного ядра : учебное пособие [для вузов] / С. А. Бутаков [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3818.pdf&show=dcatalogues/1/1530254/3818.pdf&view=true> (дата обращения: 02.11.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### г)ПрограммноесобеспечениеиИнтернет-ресурсы:

#### Программноесобеспечение

НаименованиеПО	№договора	Срокдействиялицензии
MSWindows7Professional(дляклассов)	Д-1227-18от08.10.2018	11.10.2021
MSWindows7Professional(дляклассов)	Д-757-17от27.06.2017	27.07.2018
MSOffice2007Professional	№135от17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободнораспространяемоеПО	бессрочно
FARManager	свободнораспространяемоеПО	бессрочно

#### Профессиональныебазыданныхиинформационныесправочныесистемы

Названиекурса	Ссылка
ЭлектроннаябазапериодическихизданийEastViewInformationServices,ООО«ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальнаяинформационно-аналитическаясистема–Российскийиндекснаучногоцитирования(РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
ПоисковаясистемаАкадемияGoogle(GoogleScholar)	URL: <a href="https://scholar.google.r">https://scholar.google.r</a>

Информационная система- Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
--	--

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория механики, молекулярной физики и термодинамики. Оснащение: Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения лабораторных работ:

1. Баллистический маятник.
2. Маятник Обербека.
3. Физический маятник.
4. Доска Гальтона.
5. Лабораторная установка для исследования распределения термозлектронов по модулю их скорости.
6. Лабораторная установка для определения показателей адиабаты методом Клемана и Дезорма.
7. Лабораторная установка для проверки закона возрастания энтропии в процессе диффузии газов на модели перемешивания шаров.
8. Лабораторная установка для проверки закона возрастания энтропии в процессе теплообмена.
9. Установка лабораторная для изучения зависимости скорости звука от температуры "МФ-СЗ-М"
10. Установка лабораторная для исследования теплоемкости твердого тела "МФ-ТЕТ-М".
11. Установка лабораторная для определения универсальной газовой постоянной "МФ-ОГП-М".

12. Стенд лабораторный газовые процессы.

13. Мерительный инструмент.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория электричества и оптики. Оснащение: Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения лабораторных работ:

1. Лабораторная установка для исследования электростатического поля с помощью ионного зонда.
2. Установка для шунтирования миллиамперметра.
3. Установка лабораторная для определения индуктивности соленоида и магнитной проницаемости.
4. Установка лабораторная для изучения резонанса напряжений и определения индуктивности
5. Лабораторная установка для изучения длины световой волны характеристик дифракционной решетки.
6. Лабораторная установка для определения радиуса кривизны линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона.
7. Лабораторная установка для определения концентрации растворов сахара и постоянной вращения.
8. Источники питания постоянного тока.
9. Магазин емкостей Time Electronics 1071.
10. Магазин емкости P-513.
11. Магазин индуктивностей Time Electronics 1053.
12. Магазины сопротивлений P-33.
13. Мультиметры цифровые MAS-838.
14. Мультиметры АРРА 106, 203, 205.
15. Осциллограф двухканальный GOS-620FG.
16. Поляриметр СМ.
17. Мерительный инструмент.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория атома, твердого тела, ядра. Оснащение: Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения лабораторных работ:

1. Лабораторная установка для "Изучения внешнего фотоэффекта".
2. Установка для изучения спектра атома водорода и определения постоянной Ридберга.
3. Установка лабораторная для определения потенциала возбуждения газа.
4. Установка для определения длины пробега частиц в воздухе.
5. Измеритель скорости счета УИМ2-2.
6. Монохроматоры МУМ-1.
7. Мультиметры АРРА205, 207.
8. Осциллограф двухканальный GOS-620FG.
9. Мерительный инструмент.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Интерактивная доска, проектор. Доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: Персональные компьютеры пакетом MSOffice, свиходом в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Стеллажи для хранения учебно-методической документации, стеллажи и сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта оборудования.

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Физика с элементами квантовой механики» для заочной формы обучения предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся, которая заключается в проработке лекций, самостоятельном изучении теоретического материала, подготовке к выполнению лабораторных работ, обработке результатов измерений и выполнении двух индивидуальных контрольных работ.

#### Примерные варианты контрольных работ:

##### Контрольная работа № 1

1. Радиус-вектор частицы изменяется по закону  $\vec{r} = t^2\vec{i} + 4t\vec{j} - 2\vec{k}$  (м). Найти вектор скорости  $\vec{v}$ , вектор ускорения  $\vec{a}$ , модуль скорости и ускорения, а также угол между этими векторами в момент времени  $t = 2$  с.

2. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массой  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 110$  г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна 400 г? Трение при вращении блока ничтожно мало.

3. Шар скатывается по наклонной плоскости с углом наклона  $60^\circ$ . Какую скорость будет иметь центр шара относительно наклонной плоскости через 2 с, если его начальная скорость была равна нулю?

4. Однородный диск радиуса  $R = 13$  см может вращаться вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через край диска. Найти период малых колебаний этого диска, если логарифмический декремент затухания  $\lambda = 1$ .

5. В трубке длиной  $l = 1,2$  м находится воздух при температуре  $T = 300$  К. Определить минимальную частоту возможных колебаний воздушного столба  $\nu_{\min}$  в двух случаях: а) труба открыта и б) труба закрыта.

6. В собственной системе отсчета имеется прямоугольник с соотношением сторон 4:5. В каком направлении и с какой скоростью должен двигаться этот прямоугольник, чтобы в лабораторной системе отсчета он выглядел, как квадрат?

##### Контрольная работа № 2

1. На стеклянный клин ( $n = 1,5$ ) падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 582$  нм. Преломляющий угол клина равен  $20''$ . Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины?

2. На дифракционную решетку длиной  $l = 1,5$  мм, содержащую  $N = 300$  штрихов, падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 550$  нм. Определите: 1) число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки; 2) угол, соответствующий последнему максимуму.

3. Определить энергию, приходящуюся на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \frac{\pi}{3}$ . Энергия фотона до рассеяния  $\varepsilon = 0,58$  МэВ. Под каким углом будет двигаться электрон отдачи?

4. Длина волны излучаемого атомом фотона составляет  $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ . Время жизни атома в возбужденном состоянии  $\tau = 10^{-8} \text{ с}$ . Определите отношение естественной ширины энергетического уровня к энергии, излученной атомом

5. Электрон налетает на слабопрозрачный прямоугольный потенциальный барьер высотой  $U_0 = 7,63 \text{ эВ}$  и шириной  $l = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ . Энергия частицы в два раза меньше высоты барьера. Определить вероятность, с которой частица пройдет через барьер.

6. У какого водородоподобного иона разность длин волн головной линии серии Пашена и коротковолновой границы спектра той же серии составляет 263,7 нм?

### **Перечень лабораторных работ:**

#### **1 курс**

1. Л. р. № 1 «Применение законов сохранения для определения скорости полета пули»
2. Л. р. № 7 «Определение скорости звука в воздухе методом стоячей волны»

#### **2 курс**

1. Л. р. № 34 «Определение длины световой волны и характеристик дифракционной решетки»
2. Л. р. № 42 «Изучение спектра излучения атома водорода. Определение главных квантовых чисел возбужденных состояний атома водорода»

### **Перечень теоретических вопросов для проработки лекционного материала и самостоятельного изучения:**

#### **1 курс**

#### *Классическая механика*

1. Понятие радиус-вектора, скорости и ускорения материальной точки. Средние и мгновенные величины.
2. Прямая и обратная задачи механики. Роль начальных условий. Перемещение и пройденный путь.
3. Движение по окружности. Угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение. Связь угловых и линейных величин.
4. Криволинейное движение. Тангенциальное и нормальное ускорение. Полное ускорение. Угол между скоростью и ускорением.
5. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея.
6. Понятие силы, массы и импульса. Принцип суперпозиции. Основной закон динамики поступательного движения. Третий закон Ньютона.
7. Момент импульса и момент силы относительно точки. Основное уравнение динамики вращательного движения.
8. Вращение вокруг неподвижной оси. Момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.
9. Аналогия характеристик и уравнений поступательного и вращательного движения.
10. Интегралы движения. Связь законов сохранения с симметриями пространства и времени.
11. Замкнутая система. Закон сохранения полного импульса системы тел.
12. Закон сохранения полного момента импульса системы тел.
13. Работа и мощность. Кинетическая энергия поступательного и вращательного

движения.

14. Консервативные и диссипативные силы. Работа консервативных и диссипативных сил.

15. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.

16. Связь между силой и потенциальной энергией. Два способа описания взаимодействия.

17. Соударение двух тел. Упругий и неупругий удар.

### ***Механические колебания и волны***

1. Уравнение гармонических колебаний и его решение. Характеристики колебаний.

2. Математический и физический маятники.

3. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения.

4. Сложение перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.

5. Уравнение затухающих колебаний и его решение.

6. Характеристики затухающих колебаний.

7. Энергия гармонических и затухающих колебаний.

8. Вынужденные колебания. Резонанс.

9. Поперечные и продольные волны. Характеристики бегущей упругой волны.

10. Скорость распространения упругих волн.

11. Классификация волн по форме волновой поверхности. Плоская, сферическая и цилиндрическая волна.

12. Волновое уравнение. Уравнение луча, уравнение плоской волны, волновое уравнение в общем виде.

13. Вектор плотности потока энергии.

14. Наложение упругих волн. Стоячая волна и ее особенности.

15. Колебание натянутой струны.

### ***Специальная теория относительности и основы аналитической механики***

1. Постулаты Эйнштейна.

2. Замедление времени.

3. Лоренцево сокращение длины.

4. Релятивистские инварианты. Интервал.

5. Релятивистский импульс.

6. Полная энергия и энергия покоя частицы.

7. Связь массы, энергии и импульса.

8. Законы сохранения при релятивистских скоростях.

9. Типы механических систем и связей. Степени свободы. Независимые и обобщенные координаты.

10. Обобщенные силы, потенциальная и кинетическая энергия.

11. Вариационный принцип. Функция Лагранжа. Действие по Гамильтону.

12. Уравнение Лагранжа в обобщенных координатах.

13. Теорема об изменении полной энергии.

14. Функция и уравнение Гамильтона.

15. Канонические преобразования.

## **2 курс**

### ***Волновая оптика***

1. Понятие интерференции. Принцип суперпозиции для световых волн. Наблюдаемые и ненаблюдаемые величины.

2. Когерентные и некогерентные волны. Сложение интенсивностей. Условия усиления и ослабления света.

3. Оптический путь светового луча. Способы изменения оптического пути

световых волн.

4. Связь оптической разности хода с разностью фаз. Условия максимума и минимума интерференции.
5. Схема Юнга. Условия наблюдения интерференции.
6. Интерференция в тонких пленках в отраженном и проходящем свете.
7. Схема для наблюдения колец Ньютона.
8. Явление дифракции. Особенность дифракции световых волн. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
9. Принцип Гюйгенса-Френеля.
10. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля.
11. Дифракция Фраунгофера на узкой прямолинейной щели.
12. Дифракционная решетка. Основные характеристики дифракционной решетки.
13. Угловая дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.

### ***Квантовая природа излучения и основные положения квантовой механики***

1. Тепловое излучение абсолютно черного тела. Закон Стефана – Больцмана.
2. Закон смещения Вина. Гипотеза Планка.
3. Энергия и импульс фотона. Давление света.
4. Фотоэффект. Законы фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта.
5. Формула Эйнштейна. Релятивистский и нерелятивистский фотоэффект.
6. Тормозное рентгеновское излучение.
7. Эффект Комптона. Формула Комптона.
8. Корпускулярно-волновой дуализм света. Волновые свойства частиц.
9. Длина волны де Бройля и ее экспериментальное подтверждение.
10. Принцип неопределенности Гейзенберга. Соотношение неопределенностей.
11. Волновая функция и ее свойства. Условие нормировки. Принцип суперпозиции.
12. Операторы важнейших физических величин. Действия с операторами.

### ***Квантовая механика***

1. Основная задача квантовой механики. Уравнение Шрёдингера.
2. Свободное движение частицы.
3. Частица в потенциальной яме с бесконечными и конечными стенками. Квантование энергии.
4. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
5. Общие свойства гармонического осциллятора.
6. Квантование момента импульса. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса.
7. Движение частицы в кулоновском поле. Волновая функция атома водорода.
8. Излучение атома водорода и водородоподобных систем. Спектральные серии.
9. Стационарная и нестационарная теория возмущений.
10. Принцип тождественности одинаковых частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.
11. Спин и спиновая волновая функция. Полный момент импульса электрона.
12. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура атомных спектров.
13. Атом гелия.
14. Заполнение электронных оболочек в многоэлектронных атомах.
15. Молекула. Природа химической связи.

## Приложение 2

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ОПК-1 – способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</b>		
ОПК-1.1	Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачетам:</b></p> <p><b>1 курс</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кинематика поступательного и вращательного движения. Сравнение кинематических характеристик и уравнений.</li> <li>2. Прямая и обратная задачи кинематики для поступательного и вращательного движения тела.</li> <li>3. Динамика поступательного и вращательного движения. Понятия силы и момента сил, импульса и момента импульса, массы и момента инерции,. Основные законы динамики.</li> <li>4. Вращение вокруг точки и неподвижной оси. Момент инерции материальной точки и твердого тела. Свойства момента инерции. Теорема Штейнера.</li> <li>5. Виды движения твердого тела. Применение основных законов поступательного и вращательного движения для описания динамики твердого тела.</li> <li>6. Импульс и момент импульса системы тел. Закон сохранения импульса и момента импульса и их связь с симметриями пространства.</li> <li>7. Работа консервативных и диссипативных сил. Теоремы о кинетической и потенциальной энергии.</li> <li>8. Кинетическая энергия поступательного и вращательного движения. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии и его связь со свойствами времени.</li> <li>9. Два способа описания взаимодействия. Движение частицы в одномерном стационарном поле. Связь между силой и потенциальной энергией.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>10. Гармонические колебания. Решение уравнения гармонических колебаний. Математический и физический маятники.</p> <p>11. Сложение гармонических колебания одного направления и перпендикулярных направлений. Биения и фигуры Лиссажу.</p> <p>12. Затухающие колебания. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Энергия гармонических и затухающих колебаний.</p> <p>13. Вынужденные колебания. Зависимость амплитуды колебаний от свойств колебательной системы и вынуждающей силы. Резонанс.</p> <p>14. Общее понятие о волнах. Классификации упругих волн. Волновое уравнение и его решение Для разных случаев.</p> <p>15. Плотность потока энергии бегущей волны. Скорость распространения упругих волн в различных средах.</p> <p>16. Наложение упругих волн. Стоячая волна и ее особенности. Колебание натянутой струны.</p> <p>17. Постулаты Эйнштейна. Нарушение одновременности событий. Замедление времени. Лоренцево сокращение длины.</p> <p>18. Преобразования Галилея и преобразования Лоренца. Нерелятивистский и релятивистский законы сложения скоростей.</p> <p>19. Инвариантные величины в механике. Нерелятивистский и релятивистский случаи.</p> <p>20. Релятивистские импульс и энергия. Энергия покоя. Законы сохранения при релятивистских скоростях.</p> <p><b>2 курс</b></p> <p>1. Когерентные волны. Интерференция световых волн. Сложение интенсивностей в случае некогерентных и когерентных колебаний.</p> <p>2. Оптическая разность хода. Связь оптической разности хода двух волн с разностью фаз между ними. Условия максимума и минимума.</p> <p>3. Схема Юнга для наблюдения интерференции. Временная и пространственная когерентность.</p> <p>4. Интерференция в тонких пленках. Наблюдение колец Ньютона в отраженном</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>и проходящем свете.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Явление дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля.</li> <li>6. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд.</li> <li>7. Дифракция Фраунгофера на узкой прямолинейной щели. Дифракционная решетка как совокупность конечного числа щелей.</li> <li>8. Тепловое излучение тела. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Гипотеза Планка.</li> <li>9. Фотоэффект. Законы Столетова. Формула Эйнштейна. Релятивистский и нерелятивистский фотоэффект.</li> <li>10. Рассеяние фотона на свободном электроны. Эффект Комптона. Формула Комптона. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света.</li> <li>11. Волновые свойства частиц. Длина волны де Бройля. Принцип неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Особенности процесса измерения в квантовой механике.</li> <li>12. Волновая функция и ее свойства. Основная задача квантовой механики. Нестационарное и стационарное уравнение Шрёдингера.</li> <li>13. Свободная частица и частица в потенциальной яме с бесконечными и конечными стенками. Квантование энергии.</li> <li>14. Прохождение частицы через потенциальный барьер в виде одномерной ступеньки и прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект.</li> <li>15. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантование энергии и момента импульса. Собственные функции и собственные значения.</li> <li>16. Принцип тождественности одинаковых частиц. Спин электрона. Бозоны и фермионы. Квантовые распределения. Принцип Паули.</li> <li>17. Квантовый гармонический осциллятор. Квантование энергии и правила отбора. Одномерный и трехмерный случаи.</li> <li>18. Приближенные методы решения квантовомеханических задач. Стационарная и нестационарная теория</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-1.2	Решает профессиональные задачи с применением методов теоретического и экспериментального исследования	<p style="text-align: center;">возмущения.</p> <p><b>Примеры практических заданий к зачетам:</b></p> <p><b>1 курс</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Радиус-векторы двух движущихся частиц изменяются во времени по следующим законам: <math>\vec{r}_1 = 5t^2\vec{i} + 2\vec{j} - 4t\vec{k}</math> и <math>\vec{r}_2 = 2t\vec{i} - t^2\vec{j} + 1,5\vec{k}</math> (м). Найти отношение модулей ускорений частиц в момент времени <math>t = 5</math> с.</li> <li>2. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону <math>\varphi = 12t - t^3</math> (рад). Найти среднюю угловую скорость <math>\langle \omega \rangle</math> и среднее значение углового ускорения <math>\langle \varepsilon \rangle</math> в промежутке времени от 0 до остановки.</li> <li>3. Колесо вращается вокруг неподвижной оси с постоянным угловым ускорением <math>\varepsilon = 0,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}</math>. Через какое время после начала вращения вектор полного ускорения точки на ободе колеса будет составлять угол <math>\theta = 45^\circ</math> с вектором скорости?</li> <li>4. На тело массы <math>m = 0,5</math> кг, находящееся в состоянии покоя, в момент времени <math>t = 0</math> начала действовать сила, зависящая от времени как <math>F = 5 + 2t</math> (Н). Определить скорость, которую будет иметь тело через 2 с.</li> <li>5. Частица массы <math>m_1 = 0,1</math> кг, движущаяся со скоростью <math>v = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math>, испытала упругое соударение с покоившейся частицей массы <math>m_2 = 0,2</math> кг. Определить какую кинетическую энергию приобрела вторая частица, если первая отскочила под прямым углом к своему первоначальному направлению.</li> <li>6. Однородный стержень массой <math>M = 5</math> кг, расположенный вертикально, может вращаться вокруг оси, проходящей через его верхний конец. В середину стержня попадает пуля массой <math>m = 10</math> г, летящая горизонтально со скоростью <math>v = \frac{10^3 \text{ м}}{\text{с}}</math>, и застревает в нём. Определить кинетическую энергию стержня сразу</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>после удара.</p> <p>7. Частица совершает гармонические колебания по закону <math>x = A \sin(\omega t + \varphi_0)</math>. На расстоянии <math>x_1 = 5 \text{ см}</math> от положения равновесия частица имеет скорость <math>v_1 = 8 \frac{\text{см}}{\text{с}}</math>, а на расстоянии <math>x_2 = 3 \text{ см}</math> ее скорость <math>v_2 = 10 \frac{\text{см}}{\text{с}}</math>. Найти циклическую частоту и амплитуду колебаний частицы.</p> <p>8. Тонкий обруч радиусом <math>R = 1 \text{ м}</math> подвешен на вбитый в стену гвоздь и колеблется в плоскости, параллельной стене. Определить период <math>T</math> малых затухающих колебаний обруча,</p> <p style="text-align: right;"><math>\beta = 0,7</math></p> <p>если коэффициент затухания .</p> <p>9. Мезон, входящий в состав космических лучей, движется со скоростью, составляющей 70% от скорости света. Какой промежуток времени по часам земного наблюдателя соответствует двум секундам собственного времени мезона?</p> <p>10. Релятивистский электрон имеет кинетическую энергию <math>T_e = 0,34 \text{ МэВ}</math>. Определить скорость, с которой он движется. Считать энергию покоя электрона <math>m_e c^2 = 0,511 \text{ МэВ}</math>.</p> <p><b>2 курс</b></p> <p>1. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на <math>d = 2,5 \text{ мм}</math>. На экране, расположенном за диафрагмой на <math>l = 100 \text{ см}</math>, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщиной <math>h = 10 \text{ мкм}</math>. Показатель преломления стекла <math>n = 1,5</math>.</p> <p>2. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>равен <math>30^\circ</math>.</p> <p>3. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого <math>r</math> можно менять. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны <math>a = 100\text{см}</math> и <math>b = 125\text{см}</math>. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при <math>r_1 = 1,00\text{мм}</math> и следующий максимум при <math>r_2 = 1,29\text{мм}</math>.</p> <p>4. Свет с <math>\lambda = 589\text{нм}</math> падает нормально на дифракционную решетку с периодом <math>d = 2,5\text{мкм}</math>, содержащую <math>N = 10000</math> штрихов. Найти угловую ширину дифракционного максимума второго порядка.</p> <p>5. Определить, какое количество энергии излучает за 1 минуту абсолютно чёрное тело с поверхности площадью <math>3\text{см}^2</math>, если известно, что максимальная спектральная плотность его энергетической светимости приходится на длину волны в <math>600\text{нм}</math>.</p> <p>6. Определить максимальную скорость <math>v_{\text{max}}</math> фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении фотонами с энергией.</p> <p>7. Какой должна быть ширина одномерной прямоугольной потенциальной ямы со стенкой конечной высоты <math>U_0 = 1\text{эВ}</math>, чтобы в ней было три энергетических уровня для нейтрона.</p> <p>8. Частица налетает на потенциальный барьер в форме одномерной прямоугольной ступеньки, причем энергия частицы превышает высоту ступеньки. Вероятность, с которой частица отразится от барьера, составляет <math>0,5\%</math>. Определите отношение энергии частицы к высоте барьера.</p> <p>9. Определить энергию и потенциал ионизации иона <math>\text{Li}^{++}</math>, находящегося в первом возбужденном состоянии. Какой должна быть энергия фотона, чтобы он выбил из такого иона электрон с кинетической энергией <math>T = 10\text{эВ}</math>?</p> <p>10. На частицу массы <math>m</math>, находящуюся в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины <math>l</math>, наложено возмущение вида</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		$V(x) = \frac{V_0 \sin \pi x}{l}$ <p>Чему равна энергия основного состояния частицы с учетом первого порядка теории возмущений?</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Согласно учебному плану видами промежуточной аттестации по дисциплине «Физика с элементами квантовой механики» являются зачет и зачет с оценкой. Зачет проводится в виде собеседования по теоретическим вопросам и практическим заданиям.

***Показатели и критерии оценивания зачета:***

– на оценку **«зачтено»** (3-5 баллов) – обучающийся показывает сформированность компетенций, наличие твердых знаний программного материала, грамотное и логическое изложение материала при ответе, допускаются незначительные ошибки, уверенно исправляемые после дополнительных вопросов, правильные действия при демонстрации умений и навыков.

– на оценку **«не зачтено»** (1-2 балла) – обучающийся показывает, что результат обучения не достигнут, компетенции не сформированы, не может предъявить знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, даже с помощью наводящих вопросов, не способен продемонстрировать умения и навыки при решении простейших задач.

***Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:***

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при выполнении практических заданий, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.