



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

14.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФИЗИКА

Направление подготовки (специальность)
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Ювелирные и промышленные литейные технологии

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1, 2
Семестр	2, 3

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

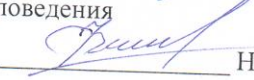
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
01.02.2022, протокол № 4


Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
14.02.2022 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Согласовано:
Зав. кафедрой Литейных процессов и материаловедения

 Н.А. Феоктистов

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры Физики,  И.В. Рыскужина

Рецензент:
зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук  О.С. Логунова

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
01.02.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
14.02.2022 г. протокол № 6

Председатель _____ И.Ю. Мезин

Согласовано:

Зав. кафедрой Литейных процессов и материаловедения

_____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры Физики, _____ И.В. Рыскужина

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук _____ О.С. Логунова

Лист актуализации рабочей программы

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Получение студентами основополагающих представлений о фундаментальном строении материи и физических принципах, лежащих в основе современной естественнонаучной картины мира; формирование у студентов современного естественнонаучного мировоззрения; развитие научного мышления и расширение научно-технического кругозора; овладение основными физическими категориями, понятиями и фундаментальными физическими законами; получение представлений о фундаментальных концепциях современного естествознания как результата исторического процесса; овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики, умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей профессиональной деятельности; формирование навыков проведения физического эксперимента, позволяющих им впоследствии овладеть комплексом компетенций, предусмотренных ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия».

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физика входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Математика

Общая и неорганическая химия

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

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Физическая химия

Материаловедение

Соппротивление материалов

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
ОПК-1.1	Использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач
ОПК-1.2	Решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний
ОПК-1.3	Применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц 288 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 112,2 акад. часов;
- аудиторная – 108 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 140,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - зачет, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Механика								
1.1 Кинематика и динамика поступательного движения	2	2		2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.2 Кинематика и динамика вращательного движения		2	2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме

1.3 Законы сохранения в механике		1	2	1	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.4 Механические колебания и волны		1	2	1	15	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		6	6	6	30			
2. Молекулярная физика и термодинамика								
2.1 Молекулярно-кинетическая теория	2	2	2	2	20	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

2.2 Термодинамика		2	2	2	10	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		4	4	4	30			
3. Электромагнетизм								
3.1 Электрическое поле в вакууме и в веществе	2	2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.2 Постоянный электрический ток		2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

3.3 Магнитное поле в вакууме и в веществе		2		2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.4 Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания. Переменный электрический ток		2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.5 Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны			2		9	самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		8	8	8	29			
Итого за семестр		18	18	18	89		зачёт	
4. Волновая оптика								
4.1 Интерференция света	3	2	2	2	4,1	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

4.2 Дифракция света		2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.3 Поляризация света		1	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		5	6	6	14,1			
5. Квантовая физика. Физика атома и ядра								
5.1 Квантовая оптика	3	3	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

5.2 Основы квантовой механики	3	2	4	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.3 Элементы современной физики атомов и молекул	2	2	2	5	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.4 Физика твердых тел	1	2	2	5	самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.5 Атомное ядро. Радиоактивность. Ядерные реакции	3	4	2	9	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	проверка индивидуальных задач; защита лабораторных работ; семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

5.6	Элементарные частицы		1		8	подготовка к практическому и лабораторному занятию; выполнение практических работ (ИДЗ); самостоятельное изучение учебной и научной литературы в том числе электронных ресурсов	семинар по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		13	12	12	37			
Итого за семестр		18	18	18	51,1		экзамен	
Итого по дисциплине		36	36	36	140,1		зачет, экзамен	

5 Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы наиболее эффективные результаты освоения дисциплины «Физика» дают традиционные образовательные технологии, технологии проблемного обучения, интерактивные технологии, информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия.

4. Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Савельев, И. В. Курс физики : учебное пособие для вузов : в 3 томах / И. В. Савельев. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 1 : Механика. Молекулярная физика — 2021. — 356 с. — ISBN 978-5-8114-6796-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152453> (дата обращения: 22.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / И. В. Савельев. — 15-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 2 :

Электричество и магнетизм. Волны. Оптика — 2019. — 500 с. — ISBN 978-5-8114-3989-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113945> (дата обращения: 22.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Савельев, И. В. Курс физики : учебное пособие : в 3 томах / И. В. Савельев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2019. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-4254-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117716> (дата обращения: 22.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Демидченко, В. И. Физика : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 581 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010079-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1239249> (дата обращения: 22.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. Н. Астапов, З. Н. Ботнева, Л. С. Долженкова и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016 - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2420.pdf&show=dcatalogues/1/1130121/2420.pdf&view=true>

2. Вечеркин, М. В. Электростатика и постоянный ток [Электронный ресурс] : практикум / МГТУ, Ин-т энергетики и автоматике, Каф. физики. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1544.pdf&show=dcatalogues/1/1124701/1544.pdf&view=true>

3. Ю. И., Савченко. Переменный ток [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Ю. И. Савченко, О. Н. Вострокнутова, Н. И. Мишенева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - ISBN 978-5-9967-1151-2. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3529.pdf&show=dcatalogues/1/1515139/3529.pdf&view=true>

4. Физика твердого тела, атома и атомного ядра : учебное пособие [для вузов] / Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - Загл. с титул. экрана. - Содерж.: Лабораторные работы. - ISBN 978-5-9967-1531-2 - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3818.pdf&show=dcatalogues/1/1530754/3818.pdf&view=true>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория включает:
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Лаборатория «Механики, молекулярной физики и термодинамики» включает:

1. Баллистические маятники.
2. Маятник Обербека.
3. Физический маятник.
4. Доска Гальтона.
5. Лабораторная установка для исследования распределения термоэлектронов по модулю их скорости.
6. Лабораторная установка для определения показателей адиабаты γ 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 законов 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.

Лаборатория «Электричества и оптики» включает:

1. Лабораторная установка для исследования электростатического поля с помощью одинарного 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 и 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. Мерительный инструмент.

Лаборатория «Атома, твердого тела, ядра» включает:

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. Мерительный инструмент.

Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации включают: интерактивная доска, проектор;

Мультимедийный проектор, экран.

Аудитории для самостоятельной работы с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

компьютерные классы; читальные залы библиотеки Персональные компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета включают: персональные компьютеры с пакетом MS Office.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования включают: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Физика» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов выполняется на лабораторных и практических занятиях по заданию преподавателя и под его контролем. Она предполагает выполнение лабораторных работ, сдачу коллоквиумов и написание контрольных работ.

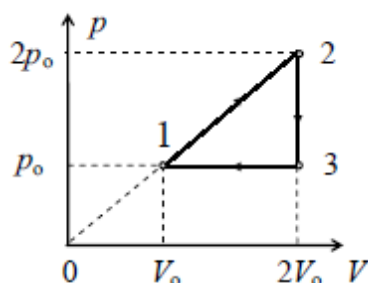
Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся заключается в проработке лекционного материала, решении индивидуальных домашних задач, подготовке к выполнению лабораторных работ, обработке результатов этих работ, а также в подготовке к коллоквиумам и контрольным работам.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

1 семестр

Контрольная работа № 1 «Механика», «МКТ. Термодинамика»

1. В плоскости XOY движется точка так, что скорость ее изменяется по закону $\vec{v} = 0,2t(6\vec{i} + 8\vec{j})$. Определить: 1) ускорение точки, 2) скорость через 5 с после начала движения, 3) перемещение за 5 с движения.
2. Наклонная плоскость, образующая угол $\alpha = 25^\circ$ с плоскостью горизонта, имеет длину $l = 2$ м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время $t = 2$ с. Определить коэффициент трения μ тела о плоскость.
3. Снаряд массой $m = 10$ кг обладал скоростью $v = 200$ м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой $m_1 = 3$ кг получила скорость $u_1 = 400$ м/с в прежнем направлении. Найти скорость u_2 второй, большей части после разрыва
4. Материальная точка колеблется согласно уравнению $x = A \cdot \cos \omega_0 t$ где $A = 5$ см, $\omega_0 = \pi/12$ с⁻¹. Когда возвращающая сила в первый раз достигает значения -12 мН, потенциальная энергия точки оказывается равной $0,15$ мДж. Определите этот момент.
5. Тепловая машина, рабочим телом которой является 1 моль идеального газа, совершает замкнутый цикл, изображенный на рисунке. Найдите КПД машины. Ответ представьте в процентах и округлите до целого числа



6. Смесь, состоящую из 5 кг льда и 15 кг воды при общей температуре 0°C, нужно нагреть до температуры 80°C, пропуская через нее водяной пар, нагретый до 100°C. Определите необходимое количество пара. Удельная теплота плавления льда $3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды 4190 Дж/(кг·К), удельная теплота

парообразования $2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до сотых

Контрольная работа № 2 «Электромагнетизм»

1. Точечные заряды $Q_1 = 20$ мкКл, $Q_2 = -10$ мкКл находятся на расстоянии $d = 5$ см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на $r_1 = 3$ см от первого и на $r_2 = 4$ см от второго заряда.
2. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями σ_1 и σ_2 . Определить напряженность электрического поля: между плоскостями; вне плоскостей. Построить график изменения напряженности поля вдоль линии, перпендикулярной пластинам. Принять $\sigma_1 = -2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, где $\sigma = 80$ нКл/м².
3. ЭДС батареи = 80 В, внутреннее сопротивление $R_i = 5$ Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 100$ Вт. Определите к.п.д., с которым работает батарея
4. По двум параллельным проводам длиной $l = 3$ м каждый текут одинаковые токи $I = 500$ А. Расстояние d между проводами равно 10 см. Определить силу F взаимодействия проводов
5. Квадратная рамка массой 20 г, изготовленная из медного провода диаметром 2 мм, может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из ее сторон. Рамку поместили в однородное магнитное поле ($B = 0,1$ Тл), направленное вертикально вверх. Определите угол α , на который отклонится рамка от вертикали, если по ней пропустить ток $I = 10$ А.

2 семестр

Контрольная работа № 1 «Волновая оптика», «Квантовая оптика»

1. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус r_3 третьего темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм равен 0,82 мм. Радиус кривизны линзы $R = 0,5$ м
2. Экран, на котором наблюдается дифракционная картина, расположен на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм. Посередине между экраном и источником помещена диафрагма с круглым отверстием. При каком наименьшем диаметре отверстия центр дифракционной картины будет темным?
3. На дифракционную решетку, содержащую $n = 600$ штрихов на миллиметр длины, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной, вблизи решетки линзой на экран. Определить длину l спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана $L = 1,2$ м. Границы видимого спектра $\lambda_{кр} = 400$ нм, $\lambda_{ф} = 700$ нм
4. Пучок света последовательно проходит через два поляризатора, плоскости пропускания которых образуют между собой угол $\varphi = 40^\circ$. Принимая, что коэффициент поглощения k каждого поляризатора равен 0,15, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго поляризатора, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый поляризатор.
5. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол $\theta = 90^\circ$. Энергия рассеянного фотона $\varepsilon_2 = 0,35$ Мэв. Определить энергию фотона ε_1 до рассеяния и энергию, приходящуюся на электрон отдачи.

Контрольная работа № 2 «Физика атома и атомного ядра»

1. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося в области, размер которой $L = 10^{-10}$ м.
2. Частица находится в основном состоянии ($n=1$) в одномерном потенциальном ящике шириной L с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность пребывания частицы в областях $0 < x < (L/3)$ и $(L/3) < x < (2L/3)$.
3. Найти наименьшую длину волны в ультрафиолетовой серии спектра водорода. Какую наименьшую скорость должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами таких электронов появилась эта линия?
4. Определить энергию реакции ${}_5\text{B}^{10} (n, \alpha) {}_3\text{Li}^7$, протекающей в результате взаимодействия весьма медленных нейтронов с покоящимися ядрами бора. Найти также кинетические энергии продуктов реакции.
5. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить ядро ${}_2\text{He}^4$ на две одинаковые части.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя: проработку лекционного материала, изучение литературы по соответствующему разделу; решение индивидуальных домашних задач, подготовку к выполнению лабораторных работ, подготовку к отчету по лабораторным работам, подготовку к семинарам.

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ)

1 семестр

Задача № 1 «Кинематика поступательного и вращательного движения»

Точка движется по окружности радиусом 4 м по закону $S = A + Bt^2$, где S – пройденный путь, $A=8$ м, $B=2$ м/с², t - время. Определить, в какой момент времени нормальное ускорение равно 2 м/с². Найти скорость, тангенциальное и полное ускорение точки в этот момент времени

Задача № 2 «Динамика поступательного движения»

На обод маховика диаметром 60см намотан шнур, к концу которого привязан груз с массой 2 кг. Определить момент инерции маховика, если он вращаясь равноускоренно под действием груза, за время $t=3$ с приобрел угловую скорость 9 рад/с.

Задача № 3 «Динамика вращательного движения»

На вал в виде цилиндра с горизонтальной осью вращения намотана невесомая нить, к концу ее прикреплен груз. Какую угловую скорость будет иметь вал спустя 2с после начала движения груза, если масса вала 4 кг, его радиус 20 см, масса груза 0,2 кг, действием сил трения на движущиеся тела можно пренебречь

Задача № 4 «Законы сохранения в механике»

Два малых по размеру груза массами $m_1=10$ кг и $m_2=15$ кг подвешены на нитях одинаковой длины $L=2$ м в одной точке и соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол $\alpha=60^\circ$ и отпущен. Определите высоту, на которую поднимутся оба груза после абсолютно неупругого удара

Задача № 5 «Механические колебания»

Период затухающих колебаний равен $T = 4\text{с}$, логарифмический декремент затухания 1,6; начальная фаза равна 0. Смещение точки в момент $T/4$ равно 4,5 см. Написать уравнение колебаний и построить график в пределах трёх периодов

Задача № 6 «МКТ. Статистическая физика»

В сосуде объемом 20 л находится смесь водорода и гелия под давлением 2 атм. Общая масса смеси 5 г. Известно, что средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул смеси газов равна 0,038 эВ. Во сколько раз отличаются массы водорода и гелия в смеси?

Задача № 7 «Первое начало термодинамики»

В результате изотермического расширения азота массой $m=0.2\text{кг}$ при температуре $T=280\text{ К}$ объем его увеличивается в 2 раза. Определить: 1) работу A , совершенную газом при расширении; 2) изменение ΔU внутренней энергии; 3) количество теплоты Q , полученное газом

Задача № 8 «Второе начало термодинамики»

Кусок льда массой $m = 200\text{г}$, взятый при температуре $t_1 = -10\text{С}^\circ$, был нагрет до температуры $t_2 = 0\text{С}^\circ$ и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры $t_3 = 10\text{С}^\circ$. Определить изменение ΔS энтропии в ходе указанных процессов.

Задача № 9 «Электростатика»

Электрическое поле создано двумя зарядами $q_1=10\text{ нКл}$ и $q_2=-20\text{ нКл}$, находящимися на расстоянии $d=20\text{ см}$ друг от друга. Определить напряженность поля в точке А, удаленной от первого заряда на расстояние $r_1=30\text{ см}$ и от второго на $r_2=50\text{ см}$. Рассчитать работу, которую необходимо совершить, чтобы перенести точечный заряд $q_0=5\cdot 10^{-4}\text{ Кл}$ из точки находящийся посередине между зарядами в точку А.

Задача № 10 «Постоянный электрический ток»

На рис. 3.1. $\varepsilon_1=1,0\text{ В}$, $\varepsilon_2=2,0\text{ В}$, $\varepsilon_3=3,0\text{ В}$, $r_1=1,0\text{ Ом}$, $r_2=0,5\text{ Ом}$, $r_3=1/3\text{ Ом}$, $R_1=1,0\text{ Ом}$, $R_3=1/3\text{ Ом}$. Определите: 1) силы тока во всех участках цепи; 2) тепловую мощность, которая выделяется на сопротивлении R_3 .

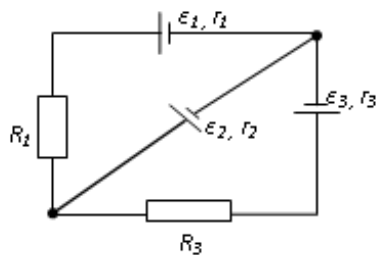


рис. 3.1

Задача № 11 «Магнитостатика»

По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на расстоянии $R=10,0$ см друг от друга в вакууме, текут токи $I_1=20,0$ А и $I_2=30,0$ А одинакового направления. Определите магнитную индукцию поля B , создаваемого токами в точках, лежащих на прямой, соединяющей оба провода, если: 1) точка С лежит на расстоянии $r_1=2,0$ см левее левого провода; 2) точка Д лежит на расстоянии $r_2=3,0$ см правее правого провода; 3) точка Г лежит на расстоянии $r_3=4,0$ см правее левого провода

Задача № 12 «Электромагнитная индукция»

Проводящий плоский контур, имеющий форму окружности радиуса $r = 0,05$ м помещен в однородное магнитное поле так, что линии магнитной индукции поля направлены перпендикулярно плоскости контура. Сопротивление контура $R = 5$ Ом. Магнитная индукция меняется по закону $B = kt$, где $k = 0,2$ Тл/с. Определите: а) э.д.с. индукции, возникающую в этом контуре; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по контуру за первые 5 секунд изменения поля.

2 семестр

Задача № 1 «Интерференция света»

В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение первоначально занятое пятой светлой полосой(не считая центральной). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки $n=1,5$. Длина волны $\lambda=6 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки?

Задача № 2 «Дифракция света»

Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия с длиной волны $\lambda=589$ нм, если постоянная дифракционной решетки $d=2$ мкм. Сколько всего максимумов дает эта решетка? Под каким углом φ наблюдается последний максимум?

Задача № 3 «Поляризация света»

Угол между плоскостями пропускания двух поляризаторов равен 50° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 8 раз. Пренебрегая потерями света при отражении, определить коэффициент поглощения света в поляризаторах

Задача № 4 «Тепловое излучение»

Черное тело нагрели от температуры 600К до 2400К. Во сколько раз увеличилась общая тепловая энергия, излучаемая телом? На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения и спектральный состав излучения?

Задача № 5 «Фотоэффект»

Определить наименьший задерживающий потенциал, необходимый для прекращения эмиссии с поверхности фотокатода, если он освещается излучением с длиной волны $0,4$ мкм, а красная граница для материала катода равна $0,67$ мкм

Задача № 6 «Эффект Комптона»

Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном покоившемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на 25%

Задача № 7 «Элементы квантовой механики»

При движении частицы вдоль оси x скорость ее может быть определена с точностью (ошибкой) до 1 см/с. Найти неопределенность координаты, если частицей является: 1) электрон, 2) дробинка массой 0,1г

Задача № 8 «Частица в потенциальной яме»

Собственная функция, описывающая состояние микрочастицы в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной ℓ , имеет вид $\psi_n(x) = C \sin \frac{\pi n}{\ell} x$. Используя условия нормировки, определить постоянную C .

Задача № 9 «Атом по теории Бора»

Вычислить радиусы первых трех орбит электрона в атоме водорода

Задача № 10 «Излучение атома»

Найти наибольшую и наименьшую длины волн серии Пашена в спектре излучения водорода. Сравнить полученные значения с длинами волн видимого излучения

Задача № 11 «Радиоактивность»

Первоначальная масса изотопа иридия $^{192}_{77}\text{Ir}$ равна $m = 5$ г, период полураспада 75 суток. Определите, сколько ядер распадется за 1 секунду в этом препарате. Сколько атомов этого препарата останется через 30 суток и во сколько раз изменится активность препарата за это время?

Задача № 12 «Энергия в ядерных реакциях»

Какое количество U^{235} «выгорает» за год в ядерном реакторе с электрической мощностью 1 ГВт и к.п.д. 38%? Считать, что распад ядер урана под действием тепловых нейтронов приводит к образованию изотопов ксенона-141, стронция-92 и трех вторичных нейтронов.

Перечень лабораторных работ

1 семестр

№ 1 «Применение законов сохранения для определения скорости полета пули»

№ 3 «Определение моментов инерции тел с помощью крутильного маятника.

Проверка теоремы Штейнера»

№ 4 «Исследование вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси»

№ 5 «Определение характеристик затухающих колебаний физического маятника»

№ 11 «Изучение статистических закономерностей»

№ 14 «Определение показателя адиабаты методом Клемана и Дезорма»

№ 21 «Исследование электростатического поля с помощью зонда»

№ 24 «Расширение предела измерения амперметра постоянного тока»

№28 «Определение индуктивности катушки и магнитной проницаемости ферромагнитного тела»

2 семестр

№ 32 «Определение радиуса кривизны линзы и полосы пропускания светофильтра с помощью колец Ньютона»

№ 34 «Определение длины световой волны и характеристик дифракционной решетки»

№ 35 «Определение концентрации растворов сахара и постоянной вращения»

№ 36 «Снятие вольтамперных характеристик фотоэлемента и определение его чувствительности»

№ 41 «Исследование возбуждения атомов газа»

№ 42 «Определение главных квантовых чисел возбужденных состояний атома водорода»

№ 51 «Изучение закономерностей α -распада»

№ 53 «Определение максимальной энергии β -частиц и идентификация радиоактивных препаратов»

Перечень тем для подготовки к семинарским занятиям:

Семинар № 1 «Кинематика поступательного и вращательного движения»

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.

Семинар № 2 «Динамика поступательного и вращательного движения»

1. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона.
2. Понятие силы, массы и импульса. Принцип суперпозиции. Основной закон динамики поступательного движения. Третий закон Ньютона.
3. Момент импульса и момент силы относительно точки. Основное уравнение динамики вращательного движения.
4. Вращение вокруг неподвижной оси. Момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.
5. Аналогия характеристик и уравнений поступательного и вращательного движения.

Семинар № 3 «Законы сохранения в механике»

1. Интегралы движения. Связь законов сохранения с симметриями пространства и времени.
2. Замкнутая система. Закон сохранения полного импульса системы тел.
3. Закон сохранения полного момента импульса системы тел. Движение в центральном поле.
4. Работа и мощность. Кинетическая энергия поступательного и вращательного

движения.

5. Консервативные и диссипативные силы. Работа консервативных и диссипативных сил.
6. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.
7. Связь между силой и потенциальной энергией. Два способа описания взаимодействия.

Семинар № 4 «Механические колебания и волны»

1. Уравнение гармонических колебаний и его решение. Характеристики колебаний (амплитуда, частота, начальная фаза).
2. Математический и физический маятники.
3. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Характеристики затухающих колебаний (время релаксации, логарифмический декремент, добротность).
4. Энергия гармонических и затухающих колебаний.
5. Вынужденные колебания. Резонанс.
6. Поперечные и продольные волны. Характеристики бегущей упругой волны. Скорость распространения упругих волн.
7. Классификация волн по форме волновой поверхности. Плоская, сферическая и цилиндрическая волна.
8. Волновое уравнение.
9. Наложение упругих волн. Стоячая волна и ее особенности.

Семинар № 5 «Статистический метод описания макросистем»

1. Макросистема. Статистический и термодинамический подходы к описанию макросистем.
2. Дискретный набор величин. Понятие вероятности и средней величины.
3. Непрерывный набор величин. Функция распределения случайной величины и ее свойства (физический смысл, расчет вероятностей, условие нормировки, расчет средних величин).
4. Распределение молекул по проекциям скоростей. Распределение Гаусса.
5. Распределение молекул по модулю скорости. Распределение Максвелла.
6. Распределение молекул идеального газа по высоте в поле тяжести Земли. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
7. Модель идеального газа. Давление и температура с точки зрения МКТ. Уравнение состояния идеального газа.
8. Понятие степеней свободы молекулы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
9. Внутренняя энергия как функция состояния системы.
10. Работа как функция процесса.

Семинар № 6 «Термодинамический метод описания макросистем»

1. Первое начало термодинамики.
2. Изотермический, изохорический и изобарический процессы.
3. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Политропические процессы.
4. Понятие теплоемкости. Молярная и удельная теплоемкости. Теплоемкость при изопроцессах.
5. Направление процессов. Статистический вес макросостояния. Суть необратимости.
6. Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Кельвина.
7. Энтропия системы и ее свойства. Теорема Нернста. Изменение энтропии в

- тепловых процессах.
8. Основное уравнение термодинамики.
 9. Циклический процесс. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Цикл Карно. Теорема Карно.
 10. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана.

Семинар № 7 «Электростатика»

1. Электростатическое поле. Электрический заряд. Свойства электрического заряда. Закон Кулона.
2. Напряженность электростатического поля.
3. Принцип суперпозиции электростатических полей для дискретного и непрерывного распределения зарядов.
4. Поток вектора напряженности электростатического поля. Теорема Гаусса.
5. Потенциальность электростатического поля. Принцип суперпозиции для потенциала.
6. Работа по перемещению заряда в электростатическом поле. Теорема о циркуляции.
7. Связь между напряженностью и потенциалом.
8. Геометрическое описание поля. Силовые линии. Эквипотенциальные поверхности.
9. Электрическое поле в диэлектрике. Поляризация диэлектрика.
10. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость вещества. Теорема Гаусса для диэлектриков.

Семинар № 8 «Конденсаторы. Постоянный ток»

1. Электроемкость уединенного проводника. Конденсатор. Электроемкость плоского, сферического и цилиндрического конденсатора.
2. Соединение конденсаторов. Включение конденсатора в электрические цепи.
3. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.
4. Электрический ток. Плотность тока. Уравнение непрерывности.
5. Закон Ома в дифференциальной форме. Закон Ома в интегральной форме для однородного участка цепи. Электрическое напряжение.
6. Сопротивление проводника. Соединение сопротивлений.
7. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Сторонние силы. ЭДС.
8. Правила Кирхгофа для расчета разветвленных цепей.
9. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.
10. Переходные процессы в цепи с конденсатором.

Семинар № 9 «Магнитостатика»

1. Единая природа электрического и магнитного поля.
2. Источники магнитного поля. Магнитное поле движущегося заряда и проводника с током. Закон Био-Савара.
3. Поток и циркуляция вектора индукции магнитного поля. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции.
4. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
5. Сила Ампера.
6. Магнитное поле в веществе. Намагниченность.
7. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость вещества. Диамагнетики и парамагнетики.
8. Ферромагнетики. Физическая природа ферромагнетизма.

Семинар № 10 «Электромагнитная индукция. Электрические колебания и переменный ток»

1. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле.
2. Явление самоиндукции. Индуктивность. Соленоид.
3. Энергия контура с током и магнитного поля.
4. Колебательный контур. Механизм возникновения электрических колебаний.
5. Энергия электрических колебаний.
6. Затухающие колебания. Характеристики затухающих колебаний.
7. Роль активного сопротивления в колебательном контуре.
8. Вынужденные колебания. Векторная диаграмма напряжений. Резонанс тока. Резонансная частота.
9. Соотношение фаз между внешним напряжением, силой тока и напряжением на различных элементах цепи.
10. Переменный ток. Индуктивное и емкостное сопротивление. Полное сопротивление цепи при переменном токе.
11. Действующие значения силы тока и напряжения. Мощность при переменном токе. Коэффициент мощности.

2 семестр

Семинар № 1 «Поляризация света»

1. Система уравнений Максвелла как обобщение разрозненных явлений электричества и магнетизма.
2. Волновое уравнение. Скорость распространения волны и показатель преломления среды.
3. Шкала электромагнитных волн. Особенности оптического диапазона.
4. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Степень поляризации частично поляризованного света.
5. Закон Малюса.
6. Поляризация при отражении и преломлении света на границе раздела диэлектриков. Угол Брюстера.
7. Двойное лучепреломление. Устройство призмы Николя.
8. Оптически активные вещества. Вращение плоскости поляризации света при прохождении через оптически активную среду.

Семинар № 2 «Интерференция света»

1. Понятие интерференции. Принцип суперпозиции для световых волн. Наблюдаемые и ненаблюдаемые величины.
2. Когерентные и некогерентные волны. Сложение интенсивностей в случае некогерентных и когерентных колебаний.
3. Условия усиления и ослабления света в зависимости от разности фаз интерферирующих волн.
4. Оптический путь светового луча. Способы изменения оптического пути световых волн.
5. Связь оптической разности хода двух волн с разностью фаз. Условия максимума и минимума интерференции в зависимости от оптической разности хода.
6. Схема Юнга. Условия наблюдения интерференции. Координаты светлых и темных полос на экране.
7. Временная и пространственная когерентность.
8. Интерференция в тонких пленках в отраженном и проходящем свете.
9. Схема для наблюдения колец Ньютона. Радиусы светлых и темных колец в

отраженном и проходящем свете.

Семинар № 3 «Дифракция света»

1. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Упрощение вычислений с помощью векторной диаграммы.
2. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля.
3. Дифракция Фраунгофера на узкой прямолинейной щели. Условия максимума и минимума. Зависимость интенсивности света от угла дифракции.
4. Дифракционная решетка. Основные характеристики дифракционной решетки. Условия главных максимумов и минимумов и добавочных минимумов.

Семинар № 4 «Квантовая оптика»

1. Тепловое излучение абсолютно черного тела. Закон Стефана – Больцмана. Закон смещения Вина.
2. 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.

Семинар № 5 «Элементы квантовой механики»

1. Волновые свойства частиц.
2. Длина волны де Бройля. Экспериментальное подтверждение.
3. Принцип неопределенности Гейзенберга. Соотношение неопределенностей.
4. Волновая функция и ее свойства.
5. Основная задача квантовой механики. Уравнение Шрёдингера.
6. Частица в потенциальной яме. Квантование энергии.
7. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
8. Планетарная модель атома. Постулаты Бора.
9. Излучение атома водорода и водородоподобных систем. Спектральные серии. Формула Бальмера.

Семинар № 6 «Физика атома»

1. Спектры многоэлектронных атомов. Закон Мозли.
2. Квантовые числа, характеризующие положение электрона в атоме.
3. Квантование энергии. Квантование момента импульса.
4. Спин электрона. Полный момент электрона.
5. Схема энергетических уровней атома водорода.
6. Правила отбора при атомных переходах.
7. Заполнение электронных оболочек в многоэлектронных атомах. Принцип Паули.

Семинар № 7 «Ядерная физика»

1. Явление радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада.
2. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы.
3. Капельная и оболочечная модели ядер. Радиус ядра.
4. Масса и энергия связи ядра. Удельная энергия связи.

5. Ядерные реакции. Энергия ядерной реакции.
6. Уравнение и энергетическое условие α -распада. Связь энергии α -частицы с периодом полураспада.
7. Туннельный эффект при α -распаде. Спектр α -частиц.
8. Характер спектра γ -излучения.
9. Процессы взаимодействия γ -квантов с веществом.
10. Зависимость интенсивности γ -излучения от толщины слоя вещества. Сравнение проникающей способности различных видов излучения.
11. Три вида β -распада. Энергетический спектр β -частиц. Гипотеза нейтрино.
12. Законы сохранения при β -распаде. Лептоны. Лептонный заряд.

Темы для самостоятельного изучения:

1. Вынужденные колебания. Резонанс
2. Волны. Уравнение плоской волны. Фазовая скорость, длина волны, волновое число. Интерференция и дифракция механических волн
3. Механика жидкостей и газов
4. Реальные газы
5. Элементы неравновесной термодинамики
6. Принцип относительности в электродинамике. Магнитное поле как релятивистский эффект
7. Сердечники в катушках индуктивности. Вихревые токи Фуко
8. Взаимодействие излучения с веществом: давление света, люминесценция, фотохимические явления, дисперсия
9. Энергетический спектр атомов и молекул, природа химической связи
10. Ядерная физика. Термоядерная энергия. Энергетика будущего

Приложение 2

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания		
ОПК-1.1	- использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач	<p>Перечень теоретических вопросов к зачету:</p> <p>1 семестр</p> <ol style="list-style-type: none">1. Кинематика поступательного движения. Понятие радиус-вектора, скорости и ускорения. Начальные условия. Прямая и обратная задачи механики.2. Движение по окружности. Угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение. Связь угловых и линейных величин.3. Криволинейное движение. Тангенциальное и нормальное ускорение. Полное ускорение. Угол между скоростью и ускорением.4. Инерциальные системы отсчета. Понятие силы, массы и импульса. Основной закон динамики поступательного движения.5. Момент импульса и момент силы относительно точки. Основное уравнение динамики вращательного движения.6. Вращение вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Расчет моментов инерции простых тел. Теорема Штейнера.7. Законы сохранения в механике. Замкнутая система. Законы сохранения импульса и момента импульса.8. Работа и мощность. Кинетическая энергия поступательного и вращательного движения.9. Консервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.10. Два способа описания взаимодействия. Движение частицы в одномерном стационарном поле. Связь между силой и потенциальной энергией.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>11. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, начальная фаза. Математический и физический маятник. Энергия гармонических колебаний.</p> <p>12. Затухающие колебания. Характеристики затухания. Энергия затухающих колебаний.</p> <p>13. Общее понятие о волнах. Характеристики бегущей волны. Волновое уравнение плоской волны.</p> <p>14. Наложение упругих волн. Стоячая волна и ее особенности. Колебание натянутой струны.</p> <p>15. Постулаты Эйнштейна. Замедление времени. Лоренцево сокращение длины. Релятивистские инварианты. Интервал.</p> <p>16. Релятивистский импульс. Связь массы, энергии и импульса частицы. Энергия покоя. Законы сохранения при релятивистских скоростях.</p> <p>17. Макросистема. Микросостояние и макросостояние системы. Статистический подход. Понятие вероятности и средней величины.</p> <p>18. Функция распределения случайной величины. Распределение молекул по проекциям скоростей.</p> <p>19. Распределение молекул по модулю скорости. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости.</p> <p>20. Модель идеального газа. Давление и температура с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Уравнение состояния идеального газа.</p> <p>21. Распределение молекул идеального газа по высоте в поле тяжести Земли. Барометрическая формула.</p> <p>22. Понятие степеней свободы молекулы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.</p> <p>23. Внутренняя энергия как функция состояния системы. Первое начало термодинамики.</p> <p>24. Работа как функция процесса. Изохорический, изобарический и изотермический процессы.</p> <p>25. Понятие теплоемкости. Теплоемкость при изохорическом и изобарическом процессах. Постоянная адиабаты.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>26. Адиабатический процесс. Первое начало термодинамики для адиабатического процесса. Уравнение Пуассона.</p> <p>27. Циклический процесс. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Кельвина.</p> <p>28. Проблема необратимости тепловых процессов. Энтропия системы и ее свойства. Теорема Нернста.</p> <p>29. Основное уравнение термодинамики. Энтропия идеального газа. Изменение энтропии при изопроцессах.</p> <p>30. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Тройная точка воды как реперная точка.</p> <p>31. Статистический вес макросостояния. Суть необратимости. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана.</p> <p>32. Границы применимости модели идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа.</p> <p>33. Силы взаимодействия в природе. Электростатическое поле. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции.</p> <p>34. Силовые линии. Поток вектора напряженности электростатического поля. Теорема Гаусса.</p> <p>35. Потенциал. Теорема о циркуляции вектора напряженности электростатического поля. Связь между напряженностью и потенциалом.</p> <p>36. Емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия конденсатора. Энергия электрического поля.</p> <p>37. Электрический ток. Плотность тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома в дифференциальной форме</p> <p>38. Сопротивление проводников. Сторонние силы. Закон Ома в интегральной форме.</p> <p>39. Правила Кирхгофа для расчета разветвленных цепей. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.</p> <p>40. Единая природа электрического и магнитного поля. Поле движущегося</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>заряда. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара.</p> <p>41. Поток и циркуляция вектора индукции магнитного поля. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции.</p> <p>42. Сила Лоренца. Сила Ампера.</p> <p>43. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле.</p> <p>44. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия контура с током. Энергия магнитного поля.</p> <p>45. Колебательный контур. Свободные гармонические и затухающие электрические колебания. Энергия колебаний.</p> <p>46. Вынужденные электрические колебания. Векторная диаграмма напряжений. Резонанс тока.</p> <p>47. Переменный ток. Индуктивное и емкостное сопротивление. Мощность в цепи переменного тока. Действующие значения тока и напряжения.</p> <p>48. Электрическое поле в веществе. Поляризация диэлектрика. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость вещества.</p> <p>49. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость вещества. Ферромагнетики.</p> <p>50. Система уравнений Максвелла как обобщение разрозненных явлений электричества и магнетизма. Материальные уравнения.</p> <p>51. Свойства уравнений Максвелла. Предсказание существования электромагнитных волн.</p> <p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</i></p> <p>2 семестр</p> <p>1. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Свойства электромагнитных волн.</p> <p>2. Плоская электромагнитная волна и ее основные характеристики. Энергия и импульс электромагнитной волны.</p> <p>3. Естественный и поляризованный свет. Степень поляризации линейно поляризованного света. Закон Малюса.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Поляризация при отражении и преломлении света на границе раздела диэлектриков. Угол Брюстера. Двойное лучепреломление.</p> <p>5. Способы поляризации естественного света. Призма Николя. Вращение плоскости поляризации света при прохождении через оптически активную среду.</p> <p>6. Шкала электромагнитных волн. Особенности оптического диапазона. Показатель преломления среды.</p> <p>7. Когерентные волны. Интерференция световых волн. Сложение интенсивностей в случае некогерентных и когерентных колебаний.</p> <p>8. Оптическая разность хода. Связь оптической разности хода двух волн с разностью фаз между ними. Условия максимума и минимума.</p> <p>9. Схема Юнга для наблюдения интерференции. Временная и пространственная когерентность.</p> <p>10. Интерференция в тонких пленках. Наблюдение колец Ньютона в отраженном и проходящем свете.</p> <p>11. Явление дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля.</p> <p>12. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд.</p> <p>13. Дифракция Фраунгофера на узкой прямолинейной щели. Дифракционная решетка как совокупность конечного числа щелей.</p> <p>14. Тепловое излучение тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Гипотеза Планка.</p> <p>15. Фотоэффект. Законы Столетова. Формула Эйнштейна.</p> <p>16. Фотоны. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света.</p> <p>17. Рассеяние фотона на свободном электроны. Формула Комптона.</p> <p>18. Волновые свойства частиц. Длина волны де Бройля. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля.</p> <p>19. Принцип неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Особенности процесса измерения в квантовой механике.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>20. Физическое истолкование волн де Бройля. Волновая функция и ее свойства. Плотность вероятности обнаружения частицы.</p> <p>21. Основная задача квантовой механики. Нестационарное и стационарное уравнение Шрёдингера.</p> <p>22. Частица в одномерной бесконечной прямоугольной потенциальной яме. Квантование энергии. Собственные функции состояния частицы.</p> <p>23. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>24. Квантовый гармонический осциллятор.</p> <p>25. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Квантование энергии водородоподобной системы.</p> <p>26. Излучение водородоподобных систем. Спектральные серии атома водорода. Обобщенная формула Бальмера.</p> <p>27. Спектры многоэлектронных атомов. Закон Мозли.</p> <p>28. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантование момента импульса. Правила отбора.</p> <p>29. Спин электрона. Квантовые числа, описывающие состояние электрона в атоме. Кратность вырождения энергетических уровней. Принцип Паули.</p> <p>30. Принцип тождественности одинаковых частиц. Бозоны и фермионы. Квантовые распределения.</p> <p>31. Свободные электроны в металле. Энергия Ферми. Зонная теория твердых тел.</p> <p>32. Электропроводность металлов и полупроводников. Сверхпроводимость.</p> <p>33. Явление радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада.</p> <p>34. Состав и характеристики атомного ядра. Капельная модель. Размер и спин ядра.</p> <p>35. Масса и энергия связи атомного ядра. Зависимость удельной энергии связи от массового числа. Оболочечная модель ядра.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		36. Ядерные реакции. Энергия реакции. Реакции деления и синтеза ядер. 37. Радиоактивные ряды. Основные закономерности α -излучения ядер. Длина свободного пробега α -частиц. 38. Три вида β -распада. Энергетический спектр β -частиц. Нейтрино. 39. Особенности γ -излучения ядер. Прохождение γ -квантов через вещество. 40. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Лептонный заряд. 41. Адроны. Барийонный заряд. Кварковая модель адронов.
ОПК-1.2	– решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний	<p>Примерный перечень практических заданий для зачета:</p> <p>1 семестр</p> <p>1. Движение материальной точки задано уравнением $\vec{r}(t) = (A + Bt^2)\vec{i} + Ct\vec{j}$, где $A=10$ м, $B=-5$ м/с², $C=10$ м/с. Найти для момента времени $t=1$ с $\vec{v}(t)$, $\vec{a}(t)$, вычислить модуль скорости \vec{v}, модуль ускорения \vec{a}, тангенциальное ускорение a_τ, нормальное ускорение a_n.</p> <p>2. Колесо вращается с частотой $\nu=5$ с⁻¹. Под действием сил трения оно остановилось через $\Delta t = 1$ мин. Определить угловое ускорение ε и число N оборотов, которое сделает колесо за это время.</p> <p>3. Брусок массой 2 кг скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой 0,5 кг, прикрепленного к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность 0,1. Найти ускорение движения тела и силу натяжения нити. Массами блока и нити, а также трением в блоке пренебречь.</p> <p>4. Определить момент инерции тонкого однородного стержня длиной $l=30$ см и массой $m=100$ г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на $1/3$ его длины.</p> <p>5. Шарик массой $m=100$ г упал с высоты $h=2,5$ м на горизонтальную плиту, масса которой много больше массы шарика, и отскочил от нее вверх.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Считая удар абсолютно упругим, определить импульс p, полученный плитой.</p> <p>6. Вертикально расположенный однородный стержень массы $M = 1$ кг и длины $l = 1$ м может вращаться вокруг своего верхнего конца. В нижний конец стержня попала, застряв, горизонтально летевшая пуля массы $m = 10$ г, в результате чего стержень отклонился на угол $\alpha = 15^\circ$. Считая $m \ll M$, найти скорость летевшей пули</p> <p>7. Определить среднее значение полной кинетической энергии одной молекулы гелия, кислорода и водяного пара при температуре $T=400\text{К}$.</p> <p>8. Какая работа A совершается при изотермическом расширении водорода массой $m=5$ г, взятого при температуре $T=290$ К, если объем газа увеличивается в три раза?</p> <p>9. Азот нагревался при постоянном давлении. Ему было сообщено количество теплоты $Q = 21$ кДж. Определить работу A, которую совершил при этом газ, и изменение ΔU его внутренней энергии.</p> <p>10. Определить напряжённость электростатического поля E в центре квадрата со стороной a, если в трёх вершинах квадрата находятся одинаковые точечные заряды q</p> <p>11. Тонкая нить согнута в полуокружность и заряжена так, что электрический заряд равномерно распределен по ее длине. Каков радиус этой полуокружности, если известно, что в центре ее кривизны напряженность поля 10 кВ/м, а потенциал 630 В.</p> <p>12. На рис. $\varepsilon_1=1,5$ В, $\varepsilon_2=3,7$ В и сопротивления $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом и $R=5,0$ Ом. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Определите: 1) значение и направление тока через сопротивление R; 2) тепловую мощность, которая выделяется на сопротивлении R?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1429 343 1724 670" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="981 678 2083 790">13. Каким должно быть сопротивление R электрической цепи, изображенной на рисунке, чтобы ток, текущий по нему, был равен $I=0,5$ А, если $C=5$ мкФ, $U=200$ В, частота переменного тока $\nu=100$ Гц?</p> <div data-bbox="1355 805 1780 1013" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="981 1029 2083 1133">14. Ток $I=100$ А течет по тонкому проводнику, изогнутому так, как показано на рисунке. Найти индукцию магнитного поля в точке O контура, если радиус изогнутой части проводника $R=0,1$ м, а сторона квадрата $a=0,2$ м</p> <div data-bbox="1433 1141 1724 1412" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1064 1436 2083 1468">15. Катушка состоит из $N = 75$ витков и имеет сопротивление $R=9$ Ом.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Магнитный поток через ее поперечное сечение меняется по закону $\Phi = kt$, где $k = 1,2$ мВб/с. Определите: а) э.д.с. индукции, возникающую в этом контуре; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по контуру за первые 9 с изменения поля.</p>
ОПК-1.3	<p>– применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера</p>	<p>Примерный перечень практических заданий для экзамена: 2 семестр</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расстояние между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно $d = 0,1$ мм. Расстояние между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно $\Delta x = 1,0$ см. Определить расстояние от источников до экрана 2. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили очень тонкую проволочку, расположенную параллельно линии соприкосновения пластинок и находящуюся на расстоянии $L = 75$ мм от нее. В отраженном свете с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определите диаметр поперечного сечения проволочки, если на протяжении, $a = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос 3. На щель шириной $a = 0,05$ мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Определить угол φ между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу 4. Дифракционная решетка установлена на расстоянии 80 см от экрана. На решетку падает монохроматический свет с длиной волны 0,65 мкм. На экране расстояние между максимумами первого и второго порядка равно 5,2 см. Сколько всего максимумов образует эта дифракционная решетка? 5. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через два поляризатора, расположенные так, что угол между их главными плоскостями $\alpha = 60^\circ$, а в каждом из поляризаторов теряется 8% интенсивности падающего на него света

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>6. Черное тело нагрели от температуры 600К до 2400К. Во сколько раз увеличилась общая тепловая энергия, излучаемая телом? На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения и спектральный состав излучения?</p> <p>7. Определить наименьший задерживающий потенциал, необходимый для прекращения эмиссии с поверхности фотокатода, если он освещается излучением с длиной волны 0,4 мкм, а красная граница для материала катода равна 0,67 мкм</p> <p>8. Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном покоившемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на 25%</p> <p>9. При движении частицы вдоль оси x скорость ее может быть определена с точностью (ошибкой) до 1 см/с. Найти неопределенность координаты, если частицей является: 1) электрон, 2) дробишка массой 0,1г</p> <p>10. Собственная функция, описывающая состояние микрочастицы в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной ℓ, имеет вид $\psi_n(x) = C \sin \frac{\pi n}{l} x$. Используя условия нормировки, определить постоянную C.</p> <p>11. Вычислить радиусы первых трех орбит электрона в атоме водорода</p> <p>12. Найти наибольшую и наименьшую длины волн серии Пашена в спектре излучения водорода. Сравнить полученные значения с длинами волн видимого излучения</p> <p>13. Первоначальная масса изотопа иридия ${}^{192}_{77}\text{Ir}$ равна $m = 5$ г, период полураспада 75 суток. Определите, сколько ядер распадется за 1 секунду в этом препарате. Сколько атомов этого препарата останется через 30 суток и во сколько раз изменится активность препарата за это время?</p> <p>14. В центре солнца протекает термоядерная реакция синтеза гелия из водорода, в которой из четырех протонов образуется ядро He^4 и два позитрона. Запишите эту реакцию. Какие еще частицы образуются в ней?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		Какое количество U^{235} «выгорает» за год в ядерном реакторе с электрической мощностью 1 ГВт и к.п.д. 38%? Считать, что распад ядер урана под действием тепловых нейтронов приводит к образованию изотопов ксенона-141, стронция-92 и трех вторичных нейтронов.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета (1 семестр) и экзамена (2 семестр).

Зачет проводится в виде собеседования по теоретическим вопросам. Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

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 экзамена:

– 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 аналитических операциях, 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.