

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Саровский физико-технический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(СарФТИ НИЯУ МИФИ)**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра ядерной и радиационной физики

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель СарФТИ НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ А.Г. Сироткина

\_\_\_\_\_ 2021г.

**ПРОГРАММА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Направление подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Фундаментальная и прикладная физика

Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ (актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г)

Программа актуализирована на заседании кафедры  
Ядерной и радиационной физики  
от 30.08.21 протокол №1

г. Саров, 2021 г.

Программа Государственной итоговой аттестации (ГИА) разработана в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика, компетентностной моделью выпускника по профилю Фундаментальная и прикладная физика.

Заведующий кафедрой ЯРФ, д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_/Н.В. Завьялов

**Согласовано:**

Председатель ГЭК, представитель работодателя,  
Заместитель директора  
Института ядерной и радиационной физики  
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_/А.В. Тельнов

Заместитель руководителя  
по учебной работе  
СарФТИ НИЯУ МИФИ \_\_\_\_\_/Т.Г. Соловьев

## 1. Общие положения

1.1 Настоящая Программа определяет совокупность требований к государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика.

1.2 Программа государственной итоговой аттестации выпускников по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика по профилю Фундаментальная и прикладная физика разработана на основании следующих документов:

- Образовательный стандарт НИЯУ МИФИ по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика (актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г),

- Положение об итоговой государственной аттестации выпускников Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (далее – НИЯУ МИФИ, университет), разработанное на основании приказов Минобрнауки России от 25.03.2003 г. № 1155 «Об утверждении Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений Российской Федерации»,

- Компетентностная модель выпускника по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика по профилю Фундаментальная и прикладная физика.

1.3 Целью государственной итоговой аттестации является установление уровня подготовки выпускника по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям ОС НИЯУ МИФИ, компетентностной модели выпускника.

ГИА призвана способствовать систематизации и закреплению знаний и умений обучающегося при решении конкретных профессиональных задач, определять уровень подготовки выпускника к самостоятельной работе.

1.4. К итоговым аттестационным испытаниям, входящим в состав ГИА, допускается студент, успешно завершивший в полном объеме освоение

основной образовательной программы по направлению подготовки высшего профессионального образования, разработанной НИЯУ МИФИ в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

1.5. Итоговые аттестационные испытания, входящие в перечень обязательных итоговых аттестационных испытаний, не могут быть заменены оценкой качества освоения образовательных программ путем осуществления текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студента.

1.6. При условии успешного прохождения всех установленных видов итоговых аттестационных испытаний, входящих в ГИА, выпускнику НИЯУ МИФИ присваивается соответствующая квалификация (степень) и выдается диплом государственного образца о высшем профессиональном образовании.

## **2. Условия проведения государственной итоговой аттестации**

### **2.1. Виды государственной итоговой аттестации**

К видам итоговых аттестационных испытаний ГИА выпускников НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика относятся:

- государственный экзамен по физике. Итоговый государственный экзамен по физике проводится в форме итогового государственного междисциплинарного экзамена;

- государственный экзамен по математике. Итоговый государственный экзамен по математике проводится в форме итогового государственного междисциплинарного экзамена;

- защита выпускной квалификационной работы.

### **2.2 Компетенции выпускника**

Выпускник по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика профиля Фундаментальная и прикладная физика с квалификацией (степенью) бакалавр в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности в результате освоения ООП должен обладать следующими универсальными

компетенциями - УК, общепрофессиональными компетенциями - ОПК, профессиональными компетенциями – ПК и профильными профессиональными компетенциями, введенными компетентностной моделью выпускника по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика по профилю Фундаментальная и прикладная физика:

**УК-1** - способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

**УК-2** - способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

**УК-6** - способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

**УК-8** - способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов

**УКЕ-1** - способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

**УКЦ-1** - способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей

**УКЦ-2** - способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

**УКЦ-3** - Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций

**ОПК-1** - Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

**ОПК-2** - Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности

**ОПК-3** - Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)

**ОПК-4** - Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач

**ОПК-5** - Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре

**ПК-1** - способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования

**ПК-2** - способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области

**ПК-3** - способен применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач

**ПК-4** - способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования

**ПК-11** - Способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию: план работ, техническое задание и научно-технический отчет в соответствии с требованиями работодателя.

**ПК-8.1** - Способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области ядерной и радиационной физики с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов.

**ПК-8.2** - способен к участию в проведении измерений, выполнении экспериментов на ядерно- и электрофизических установках – источниках излучения, высоковольтном и измерительном оборудовании

### **2.3 Объем времени на подготовку и сроки проведения аттестационных испытаний**

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика объем времени на ГИА составляет 6 недель. Трудоемкость цикла «Государственная итоговая аттестация» - 9 зачетных единиц (324 а.ч.).

## **3. Подготовка к аттестационным испытаниям**

**Цель** государственного экзамена – определение практической и теоретической подготовленности бакалавра к решению профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью ООП и видами профессиональной деятельности, установленных ОС НИЯУ МИФИ.

### **3.1 Государственный экзамен по физике**

#### **3.1.1. Перечень дисциплин, включаемых в государственный экзамен**

Государственный экзамен по физике по специальности 03.03.01 Прикладные математика и физика включает следующие дисциплины:

Б1.Б.5 Общая физика

Б1.Б.8.1 Классическая теоретическая механика

- Б1.Б.8.2 Квантовая механика
- Б1.Б.8.3 Статистическая физика
- Б1.Б.8.4 Классическая электродинамика
- Б1.В.ОД.14 Физика атомного ядра и элементарных частиц
- Б1.В.ОД.17 Физика твердого тела
- Б1.В.ДВ.8.3 Генераторы рентгеновского излучения
- Б1.В.ДВ.9.2 Экспериментальные методы

Содержание программы государственного экзамена по физике приведено в Приложении 1.

### **3.1.3 Процедура проведения государственного экзамена и критерии оценок**

Экзаменационные билеты по физике содержат 3 теоретических вопроса.

Время, представляемое студенту для подготовки к ответу, составляет 60 минут. Экзаменуемый излагает свой ответ членам государственной экзаменационной комиссии (ГЭК). Оценка за ответ выставляется коллегиально на основе оценок, выставленных членами ГЭК.

При проведении государственного экзамена устанавливаются следующие критерии оценки знаний выпускников: максимально за ответ на каждый из трех вопросов можно получить 30 баллов (итого максимально – **90 баллов**), максимально **10 баллов** можно получить за ответы на дополнительные вопросы по билету.

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям
«отлично» – А	90 ÷ 100	Глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание



		положений смежных дисциплин: логически последовательные, полные, правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии при грамотном чтении и чётком изображении схем и графиков.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устранении замечаний по отдельным вопросам; грамотное чтение и четкое изображение схем и графиков.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Твердое знание и понимание основных вопросов программы; правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устранении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах экзаменатора. При ответе на дополнительные вопросы, касающиеся важнейших и основных программных понятий и фактов, имеются затруднения в использовании терминологии, основная рекомендованная литература использована недостаточно.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Неправильный ответ хотя бы на один из основных теоретических вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

Суммарный итог трех частей балльной оценки за государственный экзамен переводится по утвержденным шкалам в международную (ECTS) буквенную оценку и ее национальный числовой эквивалент (табл.1).

Таблица 1. Шкала перевода баллов в международные буквенные оценки и их числовые эквиваленты

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C

	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

## 3.2 Государственный экзамен по математике

### 3.2.1. Перечень дисциплин, включаемых в государственный экзамен

Государственный экзамен по математике по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика включает следующие дисциплины:

- Б1.Б.4.1 Математический анализ
- Б1.Б.4.2 Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Б1.Б.4.3 Дифференциальные уравнения
- Б1.Б.4.4 Теория функций комплексного переменного
- Б1.Б.4.5 Основы теории вероятностей и стохастических процессов
- Б1.Б.4.6 Уравнения математической физики
- Б1.Б.4.7 Вычислительная математика

Содержание программы государственного экзамена по математике приведено в Приложении 2.

Экзаменационные билеты содержат три вопроса: два теоретических, третий – практическая часть (задача). Первый вопрос по математическому анализу, второй – по другим разделам высшей математики.

Время, представляемое студенту для подготовки к ответу, составляет 60 минут. Экзаменуемый излагает свой ответ членам государственной экзаменационной комиссии. Оценка за ответ выставляется коллегиально на основе оценок, выставленных членами ГЭК.

При проведении государственного междисциплинарного экзамена по математике устанавливаются следующие критерии оценки знаний выпускников:

Задание	Критерии оценки	Начисляемые баллы
1	Студент чётко и математически грамотно формулирует все определения и теоремы задания. Приводит примеры.	18-20
	Студентом всё рассказано с первого раза с	13-17

	мелкими математическими погрешностями.	
	Студент знает лишь 60% - 70% всего задания.	10-12
2	Студент чётко и математически грамотно формулирует все определения и теоремы вопроса, знает границы применимости теорем. В доказательстве теорем нет ошибок. Студент чётко и логично отвечает на вопросы экзаменаторов.	38-40
	Весь вопрос рассказан с первого раза с мелкими математическими погрешностями.	33 -37
	В первоначальном рассказе была существенная ошибка (пробел в доказательстве), но после обсуждения ошибки были исправлены; студент знает все формулировки определений и теорем.	28 - 32
	Студент формулирует все определения и теоремы вопроса, однако ни одной теоремы в вопросе не доказывает. Студент в 70% отвечает на вопросы экзаменаторов.	20-27
3	Обоснованно получен верный ответ задачи; студент чётко и аргументированно объясняет ход решения.	38-40
	В задаче получен верный ответ, однако решение подлежит дополнительной аргументации. Студент логично и чётко отвечает на вопросы экзаменаторов по решению задачи.	35-37
	Допущена единичная вычислительная ошибка, возможно, приведшая к неверному ответу, но при этом имеется верная последовательность всех шагов решения. Студент логично и чётко отвечает на вопросы экзаменаторов по решению задачи.	30-34
	В решении задачи допущена одна вычислительная ошибка; обоснованы не все этапы решения. Однако студент в устном общении демонстрирует полное понимание рассматриваемой проблемы.	25-29
	Задача решена неверно, однако после обсуждения, студентом были исправлены все ошибки.	20-24

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям
---	-------------------------	----------------------

«отлично» – А	90 ÷ 100	Глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание положений смежных дисциплин: логически последовательные, полные, правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии при грамотном чтении и чётком изображении схем и графиков. Задача практической части выполнена безукоризненно, т.е. правильно выбран способ решения, само решение сопровождается необходимым обоснованием, получен правильный ответ, последовательно и грамотно записано решение.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устранении замечаний по отдельным вопросам; грамотное чтение и четкое изображение схем и графиков. Практическая часть имеет единичные несущественные недочёты, самостоятельно исправляемые студентом по замечанию экзаменатора. Студент при решении демонстрирует хорошее знание фактов и зависимостей, правильное (но не всегда рациональное) использование этих знаний в новой ситуации, недостаточное владение методикой оформления результатов выполненной работы.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Твердое знание и понимание основных вопросов программы; правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устранении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах экзаменатора. При ответе на дополнительные вопросы, касающиеся важнейших и основных программных понятий и фактов, имеются затруднения в использовании терминологии, основная рекомендованная литература

		использована недостаточно. В решении задачи практической части студентом допускается более чем одна ошибка или два-три недочёта в вычислениях, графиках, в выборе метода решения, что приводит к неверному конечному результату.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Неправильный ответ хотя бы на один из основных теоретических вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. Студент может решить только наипростейшие типовые примеры и задачи, основанные на знании основных понятий и фактов, предусмотренных экзаменационной программой с использованием простейших логических умозаключений.

Суммарный итог трех частей балльной оценки за государственный экзамен переводится по утвержденным шкалам в международную (ECTS) буквенную оценку и ее национальный числовой эквивалент (табл.1).

Таблица 1. Шкала перевода баллов в международные буквенные оценки и их числовые эквиваленты

<b>Оценка по 5-балльной шкале</b>	<b>Сумма баллов</b>	<b>Оценка ECTS</b>
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Продолжительность государственного экзамена, как правило, не должна превышать 45 минут.

Результаты сдачи государственных экзаменов объявляются в тот же день после оформления протоколов заседаний государственной экзаменационной комиссии.

### 3.3 Выпускная квалификационная работа

Выпускная квалификационная работа по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика представляет собой актуальное для современных физико-технических и математических, фундаментальных и прикладных проблем законченное учебно-научное исследование, выполненное под руководством специалиста, непосредственно занимающегося соответствующей проблематикой.

Выполнение ВКР бакалавра по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика имеет своей целью:

- расширение, закрепление и систематизацию теоретических знаний, приобретение навыков практического применения этих знаний при решении конкретной научной, технической, производственной, экономической или организационно-управленческой задачи;

- развитие навыков ведения самостоятельных теоретических и экспериментальных исследований, оптимизация проектно-технологических и экономических решений;

- приобретение опыта обработки, анализа и систематизации результатов теоретических и инженерных расчетов, экспериментальных исследований, оценки их практической значимости и возможной области применения;

- приобретение опыта представления и публичной защиты результатов своей деятельности;

- оценку сформированных общекультурных и профессиональных компетенций выпускника в соответствии с требованиями Образовательного стандарта высшего образования Исследовательского ядерного университета «МИФИ» и компетентностной модели выпускника, закончившего обучение по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика профиля Фундаментальная и прикладная физика.

Условия и сроки выполнения ВКР устанавливаются ученым советом факультета на основании Положения об Итоговой государственной

аттестации выпускников НИЯУ МИФИ, Образовательного стандарта высшего образования Исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 03.03.01 Прикладные математика и физика

ВКР может выполняться в НИЯУ МИФИ на кафедрах, учебно-научных лабораториях или на предприятиях отрасли, имеющих договоры о сотрудничестве с НИЯУ МИФИ.

Распределение на преддипломную практику проводится кафедрой в соответствии с заявками и с учетом личных интересов студентов.

Темы выпускных квалификационных работ определяются выпускающими кафедрами НИЯУ МИФИ. Студенту по согласованию с заведующим кафедрой может предоставляться право выбора темы выпускной квалификационной работы, вплоть до предложения своей тематики с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки.

Темы бакалаврских работ должны по проблематике соответствовать основным направлениям научной деятельности кафедры и университета.

За все сведения, изложенные в выпускной работе, принятые решения и за правильность всех данных ответственность несет непосредственно студент – автор выпускной работы.

По решению выпускающей кафедры на ее заседании может быть проведена предзащита ВКР, целью которой является определение степени готовности выпускной квалификационной работы к защите и соответствия ее заявленной теме. Предзащита проводится не позднее, чем за месяц до определенного срока защиты. Она включает доклад выпускника о проделанной работе и отзыв научного руководителя. Предзащита может быть признана неудовлетворительной, если студентом выполнено менее 70% необходимого объема или выполненная работа не соответствует утвержденной теме исследования.

График подготовки и защиты ВКР составляется на заседании кафедры, утверждается проректором по учебной работе и доводится до сведения студентов в начале выпускного учебного года.



№ п.п.	Дата	Содержание
1	Начало последнего года обучения	Кафедра формулирует примерную тематику ВКР и доводит ее до сведения студентов (сентябрь)
2	До 30 января текущего года обучения	Корректировка тем дипломных работ, утверждение научных руководителей
3	За 2 недели до начала преддипломной практики	Научные руководители формулируют и передают студентам задание на преддипломную практику, включающие работу над текстом ВКР
4	По окончании преддипломной практики	Научные руководители оценивают выполнение задания на практику и ставят оценку на основании выполненного задания и предоставления не менее 70% текста дипломной работы
5	Не позднее 1 месяца до срока защиты	На заседании кафедры проводится защита ВКР в присутствии научного руководителя. Студент должен представить не менее 80% текста. Решением кафедры утверждаются рецензенты по работе
6	За 20 дней до срока защиты	Работа передается научному руководителю
7	За 2 недели до срока защиты	Работа передается рецензенту
8	За 7 дней до срока защиты	Текст работы передается на кафедру с отзывом научного руководителя и рецензией

### 3.3.1 Руководство подготовкой и защитой ВКР

Для подготовки ВКР студенту по представлению выпускающей кафедры из числа преподавателей или научных сотрудников вуза назначается руководитель и при необходимости консультанты из числа специалистов по изучаемой проблеме. Руководителями выпускной работы могут быть также научные сотрудники и специалисты из других учреждений и предприятий, с которыми у университета имеются соглашения о подготовке кадров и (или) проведении практики.

Научный руководитель ВКР контролирует все стадии подготовки и написания работы вплоть до её защиты. В обязанности научного руководителя ВКР входит:

- помощь студенту в выборе (формулировании) темы ВКР и разработке плана ее выполнения, а также в определении технологии проведения исследования;

- консультирование по подбору литературы и фактического материала;

- контроль за выполнением ВКР в соответствии с индивидуальным планом;

- оценка качества выполнения ВКР (отзыв научного руководителя).

Научный руководитель характеризует работу студента над выбранной темой и полученные результаты, акцентируя внимание на степени самостоятельности и оригинальности проведенной работы, личные качества выпускника, включая оценку профессиональных компетенций. В отзыве должна содержаться конкретная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и ответ на вопрос о возможности присвоения выпускнику соответствующей квалификации.

За актуальность, соответствие тематики ВКР профилю направления подготовки, руководство и организацию ее выполнения ответственность несет выпускающая кафедра и непосредственно руководитель работы.

### **3.3.2 Рецензирование выпускных квалификационных работ**

ВКР подлежит обязательному внешнему рецензированию. Рецензент назначается решением кафедры из числа наиболее компетентных в проблеме исследования специалистов. В качестве рецензентов дипломных работ могут выступать квалифицированные преподаватели других кафедр университета, а также специалисты сторонних организаций, представители работодателей. В качестве рецензентов не могут привлекаться преподаватели кафедры, на которой выполнена данная ВКР. Рецензия дается в письменном виде. В рецензии оцениваются все разделы работы, дается заключение о соответствии темы и содержания ВКР, ее актуальность, степень

самостоятельности исследования, владение студентом методами сбора материала и его научного анализа, теоретическая и практическая значимость выполненной работы, аргументированность выводов, оценка степени разработанности новых вопросов, оригинальности решений (предложений), логика, язык и стиль изложения материала. В рецензии должны содержаться замечания и конкретная оценка работы («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), а также ответ на вопрос о возможности присвоения выпускнику соответствующей квалификации.

### **3.3.3 Защита выпускных квалификационных работ**

1. Порядок защиты выпускной бакалаврской работы определяется Положением об итоговой государственной аттестации выпускников НИЯУ МИФИ.

2. Защита выпускной квалификационной работы (за исключением работ по закрытой тематике) проводится на открытом заседании экзаменационной комиссии с участием не менее двух третей ее состава.

3. Работа ГЭК может проводиться как в НИЯУ МИФИ, так и на предприятиях, в учреждениях и организациях, для которых тематика защищаемых работ представляет научно-теоретический или практический интерес.

4. В государственную экзаменационную комиссию по защите выпускных квалификационных работ до начала ее работы представляются следующие документы:

- справка декана факультета о выполнении выпускником учебного плана и полученных им оценок по теоретическим дисциплинам, курсовым проектам и работам, учебной и производственной практике;
- пояснительная записка к выпускной квалификационной работе;
- чертежи (таблицы) и распечатка презентации выпускной квалификационной работы;
- отзыв руководителя о выпускной квалификационной работе;
- рецензия на выпускную квалификационную работу.

5. Защита ВКР носит обязательный характер и включает:

- доклад автора с презентацией об основных результатах проделанной работы,
- ответы на вопросы членов комиссии,
- ответы на замечания рецензента;
- выступление руководителя выпускной работы.

6. Продолжительность защиты одной выпускной квалификационной работы, как правило, не должна превышать 45 минут.

Для сообщения содержания выпускной квалификационной работы выпускнику предоставляется не более 10 минут.

7. Выпускник в процессе подготовки и защиты ВКР должен показать:

- навыки самостоятельного научного и прикладного исследования в конкретной области;
- умение работать с научной литературой и другими источниками информации;
- владение методами сбора эмпирического материала и его анализа;
- владение методами оценки эффективности предлагаемых в выпускном квалификационном исследовании мероприятий;
- владение современными методами математико-статистической обработки информации и компьютерными технологиями;
- владение профессиональной терминологией и языком научного исследования.

Подготовка и защита ВКР должны свидетельствовать о способности выпускника самостоятельно формулировать и аргументировать свои выводы на основе собранной и обработанной информации применительно к разрабатываемой проблеме.

#### **3.3.4. Принятие решений ГЭК**

1. Оценка ВКР дается ГЭК на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссий, участвующих в заседании, при обязательном присутствии председателя комиссии или его заместителя. При равном числе голосов председатель комиссии (или заменяющий его заместитель председателя комиссии) обладает правом решающего голоса. В

процессе обсуждения оценки должно учитываться мнение рецензента о работе выпускника.

Комиссия оценивает выпускную работу, опираясь на следующие критерии:

- актуальность темы исследования;
- практическая значимость выполненного исследования;
- обоснованность и аргументированность сделанных выводов;
- оформление работы и язык изложения;
- содержание заслушанного доклада;
- качество презентации выпускной работы;
- полнота и аргументированность ответов студента на замечания рецензента и вопросы, заданные при обсуждении работы.

2. Результаты защиты выпускной квалификационной работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При определении оценки работы принимается во внимание уровень теоретической, научной и практической подготовки выпускника.

### 3. Критерии оценки ВКР бакалавра:

- **ОТЛИЧНО** – представленные на защиту графический и письменный (текстовый) материалы выполнены в соответствии с нормативными документами и согласуются с требованиями, предъявляемыми к уровню подготовки бакалавра. Защита проведена выпускником грамотно с четким изложением содержания квалификационной работы и достаточным обоснованием самостоятельности ее выполнения. Ответы на вопросы членов экзаменационной комиссии даны в полном объеме. Выпускник в процессе защиты показал повышенную подготовку к профессиональной деятельности. Отзыв руководителя положительный.

- **ХОРОШО** – представленные на защиту графический и письменный (текстовый) материалы выполнены в соответствии с нормативными документами, но имеют место незначительные отклонения от существующих

требований. Защита проведена грамотно, с достаточным обоснованием самостоятельности ее разработки, но с неточностями в изложении отдельных положений содержания квалификационной работы. Ответы на некоторые вопросы членов экзаменационной комиссии даны в неполном объеме. Выпускник в процессе защиты показал хорошую подготовку к профессиональной деятельности. Содержание работы и ее защита согласуются с требованиями, предъявляемыми к уровню подготовки бакалавра.

- УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – представленные на защиту графический и письменный (текстовый) материалы выполнены в соответствии с нормативными документами, но имеют место отступления от существующих требований. Защита проведена выпускником с обоснованием самостоятельности ее выполнения, но с недочетами в изложении содержания квалификационной работы. На отдельные вопросы членов экзаменационной комиссии ответы не даны. Выпускник в процессе защиты показал достаточную подготовку к профессиональной деятельности, но при защите работы отмечены отдельные отступления от требований, предъявляемых к уровню подготовки бакалавра.

- НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – представленные на защиту графический и письменный (текстовый) материалы в целом выполнены в соответствии с нормативными документами, но имеют место нарушения существующих требований. Защита проведена выпускником на низком уровне с ограниченным изложением содержания работы и с неубедительным обоснованием самостоятельности ее выполнения. На большую часть вопросов, заданных членами экзаменационной комиссии, ответов не поступило. Проявлена недостаточная профессиональная подготовка.

4. Результаты защиты выпускной квалификационной работы объявляются в тот же день после оформления протоколов заседаний государственной экзаменационной комиссии.

5. Все решения ГЭК оформляются протоколами. В протоколы государственных экзаменационных комиссий вносятся оценки, записываются заданные вопросы, особые мнения и т.п.

6. В тех случаях, когда защита выпускной квалификационной работы признается неудовлетворительной, ГЭК устанавливает, может ли студент представить к повторной защите ту же работу с доработкой, определяемой комиссией, или же обязан разработать новую тему, которая устанавливается кафедрой.

7. Выпускник, получивший при защите выпускной квалификационной работы неудовлетворительную оценку, а также не прошедший итоговые аттестационные испытания без уважительной причины, по решению государственной аттестационной комиссии отчисляется из высшего учебного заведения. В этом случае выпускнику выдается академическая справка в установленном порядке и издается приказ об его отчислении из университета как не прошедшего итоговую государственную аттестацию.

8. Выпускнику, не защитившему выпускную квалификационную работу по уважительной причине (по медицинским показаниям или в других документально подтвержденных исключительных случаях), по решению государственной аттестационной комиссии должна быть предоставлена возможность пройти итоговые аттестационные испытания без отчисления из университета.

9. Дополнительные заседания ГЭК организуются в срок не позднее четырех месяцев после подачи заявления лицом, не проходившим итоговых аттестационных испытаний по уважительной причине.

Выпускники, не прошедшие государственной (итоговой) аттестации по результатам освоения профессиональных образовательных программ или получившие на указанной аттестации неудовлетворительные результаты, вправе пройти государственную (итоговую) аттестацию повторно в сроки, установленные порядком проведения государственной (итоговой) аттестации обучающихся по соответствующим образовательным программам.

Повторное прохождение итоговых аттестационных испытаний назначается не ранее, чем через три месяца и не более чем через пять лет после прохождения итоговой государственной аттестации впервые.

Повторные итоговые аттестационные испытания не могут назначаться более двух раз.

После окончания работы ГЭК защищенные квалификационные работы регистрируются и сдаются для хранения выпускающей кафедре. Срок хранения работ - 5 лет. По истечении срока хранения работы могут быть переданы авторам, оставлены на кафедре или утилизированы.



## Приложение 1

### Программа государственного экзамена по физике

#### **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ**

1. Измерение физических величин. Единицы измерения и размерность физических величин. Основные единицы измерения в международной системе СИ. Прямые и косвенные измерения. Обработка результатов измерений. Случайные и систематические погрешности. Изображение экспериментальных результатов на графиках. Использование графиков для обработки результатов измерений.

#### **Механика твёрдого тела**

1. Вращение твёрдого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость как вектор. Момент импульса и кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси. Момент инерции. Уравнение моментов для вращения твёрдого тела относительно неподвижной оси. Примеры. Маятник Обербека.

2. Момент инерции твёрдого тела. Вычисление моментов инерции некоторых однородных тел правильной геометрической формы (стержня, диска, цилиндра, шара).

3. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Понятие степени свободы. Число степеней свободы твёрдого тела. Уравнения движения. Условия равновесия. Понятие статически неопределённых систем. Энергия движущегося твёрдого тела. Скатывание тел с наклонной плоскости. Сила трения качения.

4. Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Гироскоп под действием сил (приближённая теория). Применения гироскопов.

#### **Механика жидкостей**

1. Гидростатика несжимаемой жидкости. Давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда.

2. Стационарное течение несжимаемой жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли.

3. Вязкость. Стационарное течение жидкости по прямолинейной трубе. Формула Пуазейля.

4. Движение тел в вязкой жидкости. Формула Стокса

## **ТЕРМОДИНАМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

1. Молекулярно-кинетический и термодинамический подходы к изучению явлений природы. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества. Моль вещества. Число Авогадро.

2. Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

3. Температура и термодинамическое равновесие. Температурные шкалы Цельсия и Кельвина. Молекулярно-кинетический смысл температуры.

4. Распределение кинетической энергии по степеням свободы.

5. Макроскопические (термодинамические) параметры. Уравнение состояния. Квазистатические процессы.

6. Идеальный и неидеальный газы. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.

## **Фазовые равновесия и превращения**

1. Фаза вещества. Фазовый переход. Диаграмма состояний. Тройная точка.

2. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления.

3. Парообразование и конденсация. Испарение. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение. Удельная теплота парообразования.

4. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Зависимость давления насыщенного пара от температуры.

5. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние. Критические параметры.

## **Явления переноса**

1. Средняя длина свободного пробега. Эффективное сечение. Ослабление пучка молекул в газе.
2. Теплопроводность. Уравнение теплопроводности. Простейшие стационарные задачи на теплопроводность. Теплопроводность газов. Коэффициент теплопроводности.
3. Вязкость газов. Коэффициент вязкости.
4. Диффузия в газах. Уравнение диффузии. Коэффициент диффузии.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

### **Электрическое поле**

1. Электрический заряд и электрическое поле. Закон сохранения электрического заряда. Напряжённость - силовая характеристика поля.
2. Закон Кулона. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции электростатических полей. Электрический диполь. Дипольный момент. Поле точечного диполя.
3. Поток векторного поля. Электростатическая теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о дивергенции векторного поля. Применение теоремы Гаусса для расчёта электростатических полей. Поле сферы и бесконечной плоскости, равномерно заряженных по поверхности. Поле бесконечного цилиндра и шара, равномерно заряженных по объёму.
4. Потенциальность электростатического поля. Теорема о циркуляции электростатического поля. Разность потенциалов. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Принцип суперпозиции для потенциалов. Связь напряжённости и потенциала. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности.
5. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Вектор поляризации. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Теорема Гаусса для диэлектриков.

Граничные условия.

6. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Ёмкость уединённого проводника. Ёмкость конденсатора. Плоский конденсатор. Сферический конденсатор. Соединения конденсаторов в электрической цепи. Энергия заряженного конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.

7. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Движение в однородном поле. Движение в неоднородном поле. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.

### **Электрический ток**

1. Плотность тока и сила тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная проводимость и удельное сопротивление. Закон Ома в интегральной форме. Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока.

2. Работа и мощность электрического тока. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.

3. Сторонние силы. Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома с учётом сторонних сил. Закон Ома для замкнутой цепи.

4. Правила Кирхгофа.

### **Магнитное поле**

1. Магнитное поле. Закон Ампера. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции магнитных полей. Магнитное поле бесконечного прямолинейного проводника с током. Поле кругового витка с током на его оси. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

2. Теорема Гаусса для магнитных полей. Теорема о циркуляции магнитного поля. Расчёт магнитных полей при помощи теоремы о

циркуляции. Магнитное поле бесконечно длинного соленоида и тороидальной катушки.

3. Магнитное поле в веществе. Токи намагничивания. Вектор намагничивания. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Вектор напряжённости магнитного поля. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетизме. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Граничные условия.

4. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле.

5. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимоиндукция. Энергия магнитного поля катушки с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.

### **Переменный электрический ток**

1. Переходные процессы в RC- и RL - цепях. Условие квазистационарности.

2. Колебательный контур. Свободные незатухающие колебания в контуре. Собственная частота незатухающих колебаний. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания и добротность колебательного контура.

3. Переменный электрический ток. Получение переменного тока. Резистор в цепи переменного тока. Тепловое действие переменного тока. Действующее значение напряжения и силы тока.

4. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока. Резонанс в цепи переменного тока. Преобразование переменного тока. Трансформатор.

### **Система уравнений Максвелла**

1. Обобщения теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Примеры. Система уравнений Максвелла в интегральной

форме. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме.

2. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга. Шкала электромагнитных волн.

## **ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ. ОПТИКА**

### **Волны в упругих средах**

1. Волновое уравнение. Уравнение монохроматической бегущей волны, основные характеристики волн. Продольные и поперечные волны, поляризация волн. Принцип суперпозиции волн. Поток плотности энергии, связанный с бегущей волной. Стоячие волны. Эффект Доплера.

### **Электромагнитные волны**

1. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитного поля. Теорема Пойнтинга.

### **Световые волны**

1. Электромагнитная природа света. Оптический и видимый диапазоны электромагнитных волн. Волновое уравнение. Скорость света. Гармоническая волна. Плоские и сферические волны. Волновой фронт. Поляризация электромагнитных волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризации. Естественный свет.

2. Немонохроматические волны. Волновой пакет. Групповая скорость. Спектральный состав светового импульса. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Естественная ширина линии излучения. Спектральная плотность мощности.

3. Энергетические и фотометрические характеристики светового потока.

4. Геометрическая оптика.

## **Интерференция света**

1. Интерференция монохроматических волн. Двухлучевая интерференция. Суперпозиция плоских волн. Разность хода. Условия интерференционных максимумов и минимумов.

2. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики.

3. Интерференция немонахроматического света. Когерентность. Время и длина когерентности.

4. Интерференционные приборы. Бипризма. Билинза. Интерферометр Майкельсона. Применение интерференционных приборов.

## **Дифракция света**

1. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зонная пластинка. Пятно Пуассона.

2. Дифракция Фраунгофера. Дифракция света на щели. Дифракционная расходимость. Гауссов пучок. Ближняя и дальняя зоны дифракции, приближение геометрической оптики

3. Дифракционная решетка. Дисперсионная область. Разрешающая способность.

## **Поляризация света**

1. Отражение и преломление света на границе раздела диэлектриков. Формулы Френеля. Законы отражения и преломления. Поляризация света при отражении и преломлении. Угол Брюстера. Коэффициенты отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение света.

2. Двойное лучепреломление в анизотропных кристаллах. Построение Гюйгенса. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Поляризационные фильтры

3. Интерференция поляризованных волн. Прохождение света через кристаллическую пластинку. Поляризационные приборы.

4. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах.

5. Искусственная анизотропия. Фотоупругость. Эффект Керра. Эффект Коттона-Мутона. Двойное лучепреломление в магнитном поле.

### **Взаимодействие света с веществом**

1. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсии.

2. Поглощение света. Линии поглощения. Закон Бугера.

### **Физика твердого тела**

1. Кристаллические решетки. Характер межатомного взаимодействия. Классификация твердых тел по типам связей.

2. Базовое приближение теории конденсированного состояния. Гамильтониан. Разложение по малому параметру  $\mu=(m/M)^{1/4}$ .

3. Концепция квазичастиц. Вторичное квантование. Предельные случаи для модели желе. Ферми-газ. Вигнеровский кристалл.

4. Гармоническое приближение колебаний кристаллической решетки. Фононы. Оптическая и акустическая ветви. Теплоемкость решетки. Модели Дебая и Эйнштейна.

5. Общие черты ангармонических теорий колебаний кристаллических решеток. Тепловое расширение. Уравнение состояния. Параметр Грюнайзена.

6. Элементарные возбуждения, обусловленные связанными состояниями. Фононные поляритоны. Поляроны. Экситоны малого и большого радиуса.

7. Элементарные возбуждения в полупроводниках. Электроны и дырки. Эффективная масса квазичастиц. Квазиуровни Ферми.

8. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Радиационная проводимость. Соотношение Эйнштейна. Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке.

9. Пространственно неоднородные неравновесные распределения носителей заряда. Уравнение непрерывности.



10. Виды рекомбинации носителей. Рекомбинация через ловушки. Теория Шокли-Рида. Поглощение и испускание света. Механизмы поглощения фотонов, прямые и не прямые переходы.

11. Феноменологическая теория переноса в твердых телах. Кинетические эффекты. Термоэлектрические и термогальваномагнитные эффекты в полупроводниках.

12. Системы с беспорядком, критические явления. Источники беспорядка. Плотность состояний неупорядоченных полупроводников.

### **Квантовая механика**

1. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка. Объяснение законов излучения с помощью формулы Планка.

2. Фотоэлектрический эффект. Основные закономерности внешнего фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта. Эффект Комптона и его объяснение на основе законов релятивистской механики.

3. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля.

4. Корпускулярная теория строения вещества. Модель атома Томсона. Опыты и формула Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора.

5. Принцип неопределенности Гейзенберга. Принцип неопределенности и проблема измерений в квантовой механике.

### **Принципы построения и постулаты квантовой механики**

1. Уравнение Шрёдингера. Волновая пси-функция и ее физический смысл. Общие свойства уравнения Шрёдингера.

2. Простейшие квантовые задачи. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер.

3. Одномерное движение. Стационарные состояния. Плотность потока вероятности. Уравнения Эренфеста.

4. Законы сохранения и симметрии.

5. Квантовый гармонический осциллятор.

### **Движение частицы в поле центральных сил. Момент импульса.**

1. Задача двух тел. Движение в центральном поле.
2. Атом водорода (дискретный спектр). Случайное вырождение.
3. Общая теория углового момента. Волновые функции момента.

### **Чётность.**

4. Понятие спина. Частицы со спином  $1/2$ . Спиноры и матрицы Паули.
5. Сложение моментов.
6. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Собственный магнитный момент. Уравнение Паули. Эффект Зеемана.

### **Теория возмущений**

1. Стационарная теория возмущений.
2. Нестационарная теория возмущений.
3. Атом водорода с учётом релятивистских поправок.
4. Эффект Штарка атома водорода.

### **Тождественные частицы. Атом. Задача рассеяния.**

1. Принцип неразличимости одинаковых частиц в квантовой механике. Физический смысл оператора перестановки.
2. Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Симметричные и антисимметричные волновые функции.
3. Энергетические уровни атома гелия.
4. Задача рассеяния. Квантовомеханическая постановка и принципы решения.

### **Физика атомного ядра и элементарных частиц**

1. Атомное ядро и его основные характеристики. Зарядовое и массовое числа. Масса ядра. Энергия связи ядра. Механический и магнитный моменты ядер. Ядерные силы их природа. Изотопы, изотоны, изомеры и изобары.

Магические числа.

2. Модели атомного ядра. Капельная модель. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера. Оболочечная модель ядра. Основные идеи обобщенной модели ядра. Оптическая модель ядра.

3. Естественная радиоактивность. Виды естественной радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Понятия постоянной распада, периода полураспада и времени жизни. «Вековое» уравнение.

4. Альфа-распад. Энергетический спектр альфа-частиц. Особенности тонкой структуры альфа-спектра. Явление «длиннопребывающих» альфа-частицы. Туннельный эффект.

5. Бета-распад. Виды бета-распада. Электронный захват. Энергетический спектр бета-частиц. Гипотеза нейтрино.

6. Гамма-распад. Радиационный и безрадиационный переходы. Внутренняя электронная конверсия. Парная конверсия. Ядерная изомерия.

7. Спонтанное деление ядер. Протонная радиоактивность. Нейтронная радиоактивность. Явление запаздывающих частиц. Кластерная радиоактивность.

8. Основные сведения о взаимодействии тяжелых заряженных частиц, легких заряженных частиц, гамма-квантов и нейтронов с веществом.

9. Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции и их виды. Законы сохранения в ядерных реакциях. Эффективное сечение ядерной реакции. Радиоактивные изотопы и их применения.

10. Реакция вынужденного деления. Энергия реакций деления и синтеза ядер. Вынужденное деление. Цепная реакция. Ядерное оружие.

11. Элементарные частицы и их классификация. Основные характеристики элементарных частиц. Частицы и античастицы. Взаимодействие элементарных частиц. Взаимные превращения элементарных частиц. Аннигиляция частиц и рождение пар. Структура элементарных частиц. Кварки.

## Экспериментальные методы

1. Краткий обзор источников ядерных излучений. Радиоактивные источники ядерных излучений (альфа, бета, гамма). Нейтронные источники (радиоактивные, на базе ускорителей, ядерный реактор, ядерный взрыв).

2. Классификация детекторов ядерных излучений. Явления, используемые для регистрации ядерных излучений – ионизация, возбуждение света, тепловые и химические эффекты. Основные характеристики детекторов – функция отклика, временные характеристики, энергетическое разрешение, эффективность регистрации. Основные типы детекторов.

4. Газовые ионизационные детекторы. Импульсные ионизационные камеры (плоскопараллельные, цилиндрические, сферические). Пропорциональные счетчики.

5. Полупроводниковые детекторы. Принцип действия. Энергетическое разрешение ППД. Временное разрешение. Форма линии. Радиационные повреждения и ресурс ППД. Современные ППД.

6. Сцинтилляционные детекторы. Принцип работы сцинтилляционных детекторов. Типы сцинтилляторов. Фотоэлектронные умножители и их основные характеристики. Полупроводниковые фотоприемники. Характеристики сцинтилляционных детекторов (форма импульса, временное и энергетическое разрешение, функция отклика).

7. Трековые детекторы. Камера Вильсона. Пузырьковые камеры. Ядерные фотоэмульсии. Искровые камеры. Твердотельные трековые детекторы.

8. Черенковские счетчики. Излучение Вавилова-Черенкова. Материалы черенковских счетчиков. Характеристики черенковских счетчиков.

## **Генераторы рентгеновского излучения**

1. Теория возбуждения рентгеновского излучения. Характеристический и тормозной спектры излучения. Закон Мозли.
2. Термоэмиссионная, автоэлектронная и взрывная эмиссия электронов.
3. Генератор Маркса. Принцип действия. Схема построения. Конструктивные особенности.
4. Узлы и элементы генераторов рентгеновского излучения. Импульсные ускорительные трубки.
5. Высоковольтные коммутаторы. Газовые разрядники. Закон Пашена.
6. Импульсный трансформатор. Принцип действия. Схема построения. Конструктивные особенности.

## **Статистическая физика**

1. Статистическое равновесие. Фазовое пространство. Флуктуация аддитивных величин.
2. Статистический ансамбль. Идея Гиббса. Теорема Лиувилля. Распределение Гиббса (каноническое распределение). Условие применимости. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
3. Энтропия в классической статистической физике и в квантовой статистике. Закон возрастания энтропии.
4. Определение температуры. Термодинамическая шкала температур.
5. Основное термодинамическое равенство. Термодинамические потенциалы. Связь большого канонического распределения с термодинамическими величинами.
6. Работа. Количество тепла. Теплоёмкость.
7. Термодинамические неравенства. Условие максимальной работы. Цикл Карно.
8. Связь термодинамики и статистики. Свободная энергия в распределении Гиббса.

9. Идеальный одноатомный газ. Классический случай. Условие применимости классической статистической физики в случае идеального газа.

10. Химическое равновесие в газовой среде. Закон действующих масс.

11. Распределение Ферми–Дирака. Полностью вырожденный Ферми-газ. Теплоёмкость вырожденного Ферми-газа.

12. Распределение Бозе–Эйнштейна. Вырожденный Бозе-газ.

13. Чёрное излучение. (Электромагнитное излучение, находящееся в равновесии).

## Приложение 2

### Программа государственного экзамена по математике

#### **Аналитическая геометрия и линейная алгебра**

1. Уравнения прямой на плоскости и в пространстве. Различные способы задания плоскости.
2. Углы между прямыми и плоскостями. Формулы расстояния от точки до прямой и плоскости, между прямыми в пространстве.
3. Системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ. Теорема Кронекера-Капелли. Частное и общее решения.
4. Линейное отображение конечномерных линейных пространств, его матрица. Собственные векторы и собственные значения линейных преобразований, их свойства.
5. Приведение квадратичных форм в линейном пространстве к каноническому виду.

#### **Математический анализ**

6. Лемма Больцано-Вейерштрасса (доказать) и критерий Коши для числовой последовательности.
7. Понятие непрерывной функции одного переменного в точке и на множестве. Свойства функций, непрерывных на отрезке.
8. Понятие дифференцируемой в точке и на множестве функции одной переменной, необходимое условие дифференцируемости. Теорема Лагранжа о конечных приращениях (доказать).
4. Формула Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа и Пеано.
5. Исследование функции одного переменного с помощью производных: возрастание или убывание, экстремумы, выпуклость или вогнутость, точки перегиба. Асимптоты.
6. Теорема о неявных функциях, заданных одним уравнением.

7. Экстремумы функций нескольких переменных. Необходимые условия, достаточные условия.
8. Условный экстремум функций нескольких переменных. Метод множителей Лагранжа (необходимые условия экстремума).
9. Первообразная функции, неопределенный интеграл и его свойства. Таблица интегралов. Основные методы интегрирования.
10. Определённый интеграл. Производная интеграла с переменным верхним пределом. Формула Ньютона-Лейбница. Интегрируемость непрерывной функции.
11. Несобственные интегралы. Абсолютно и условно сходящиеся интегралы. Признаки сходимости (критерий Коши, признак Вейерштрасса).
12. Понятие кратных интегралов Римана и их свойства. Методы вычисления.
13. Числовые ряды. Абсолютная и условная сходимость. Критерий Коши. Достаточные признаки сходимости (Лейбница, Дирихле, Даламбера, Коши, признаки сравнения).
14. Функциональные ряды. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса равномерной сходимости функционального ряда (доказать). Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность, дифференцируемость, интегрируемость).
15. Степенные ряды в действительной и комплексной областях. Теоремы Абеля. Радиус сходимости. Свойства степенных рядов. Ряд Тейлора.
16. Разложение элементарных функций в степенной ряд Тейлора.
17. Тригонометрический ряд Фурье. Достаточные условия сходимости ряда Фурье в точке. Равномерная сходимость ряда Фурье.
18. Ряд Фурье по ортогональной системе. Неравенство Бесселя, равенство Парсеваля, сходимость ряда Фурье. Достаточные условия представимости функции тригонометрическим рядом Фурье.
19. Криволинейные интегралы. Формула Грина.



20. Поверхностные интегралы. Формула Остроградского-Гаусса. Дивергенция векторного поля.

21. Формула Стокса. Ротор векторного поля.

### **Дифференциальные уравнения и уравнения математической физики**

1. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка. Теорема существования и единственности решения. Уравнения с разделяющимися переменными.

2. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами и системы таких уравнений. Методы их решения.

3. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами. Фундаментальная система решений. Метод вариации постоянных. Определитель Вронского, формула Лиувилля-Остроградского.

4. Основные уравнения математической физики: уравнение теплопроводности, волновое уравнение и краевые условия для них.

### **Теория функций комплексного переменного**

25. Дифференцируемость функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Интегральная теорема Коши.

26. Вычеты. Вычисление интегралов по замкнутому контуру при помощи вычетов.

### **Основы теории вероятностей и стохастических процессов.**

1. Понятие случайного события и его вероятности. Основные теоремы о вероятности.

2. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема.

3. Понятие случайной величины и ее функции распределения. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, их свойства.

## Вычислительная математика

1. Задача интерполяции, интерполяционный многочлен Лагранжа, его существование и единственность. Оценка погрешности интерполяционной формулы Лагранжа.

### Примерные задачи к государственному экзамену по математике

1. Составить уравнение плоскости, проходящей через точки  $A(1, 1, 0)$ ,  $B(2, -1, -1)$  перпендикулярно к плоскости  $5x + 2y + 3z = 7$ .

2. Провести полное исследование функции  $y = \ln(x^2 + 2x + 2)$  и построить её график.

3. Вычислить несобственный интеграл или установить его расходимость  $\int_0^{+\infty} \frac{x dx}{(1+x)^3}$ .

4. Вычислить площадь фигуры, ограниченной линиями  $y^2 = x + 5$ ,  $y^2 = -x + 4$ .

5. Найти уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности  $z = 0,5x^2 - 0,5y^2$  в точке  $M(3, 1, 4)$ .

6. Найти собственные значения и собственные векторы оператора, заданного в некотором базисе матрицей 
$$\begin{pmatrix} 4 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 2 \\ -2 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

7. Вычислить предел  $\lim_{x \rightarrow 0} (1 - \ln \cos x)^{1/\sin^2 x}$ .

8. Вычислить криволинейный интеграл 1-го рода  $\int_L \sqrt{x^2 + y^2} dl$ , если  $L$  - окружность  $x^2 + y^2 = 2x$ .

9. С помощью степенного ряда вычислить приближённо  $\sin 0,5$  с точностью  $\delta = 10^{-3}$ .

10. Найти разложение в ряд Фурье периодической функции с периодом 4:  $f(x) = \begin{cases} -1 & \text{при } -2 < x < 0, \\ 2 & \text{при } 0 \leq x \leq 2. \end{cases}$

11. Найти локальные максимумы и минимумы функции  $f(x, y) = x^3 + y^3 + 3xy$ .

12. Найти частное решение дифференциального уравнения:  $y'' - 2y' = 2e^x$ ,  $y(1) = -1$ ,  $y'(1) = 0$ .

13. Найти работу силы  $\vec{F} = y \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{j}$  при перемещении вдоль кривой  $y = x^3$  от точки  $O(0, 0)$  до точки  $A(2, 8)$ .

14. Найти поток векторного поля  $\vec{a} = -x \cdot \vec{i} + 2y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$  через часть плоскости  $x + 2y + 3z = 1$ , расположенной в первом октанте (нормаль образует острый угол с осью OZ).

15. Найти массу плоской пластины  $D$  с поверхностной плотностью  $\mu(x, y) = \frac{x - y}{x^2 + y^2}$ , где  $D$  ограничена линиями  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $x^2 + y^2 = 4$ ,  $x^2 + y^2 = 9$  ( $x \geq 0$ ,  $y \leq 0$ ).

16. Применяемый метод лечения приводит к выздоровлению в 90% случаев. Найти вероятность того, что из пяти больных поправятся не менее четырёх.

17. Производятся испытания трёх приборов. Вероятность отказа каждого из них  $p=0,1$ . Отказ любого прибора не влияет на работоспособность остальных. Построить функцию распределения вероятности случайной величины  $X$  – числа отказавших приборов. Найти среднее число отказавших приборов ( $M(x)$ ).

18. Вычислить интеграл с помощью теории вычетов  $\int_{|z|=4} \frac{e^z}{z^3 + 2}$ .

## Лист регистрации изменений