

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.06.2026 10:21:58  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3bbcb77a486b9a8788851235



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Теория переноса излучения**

Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 Физика

Направленность (профиль)  
Физика

Присваиваемая квалификация (степень)  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Год набора 2026

Челябинск, 2026 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 3	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика

Дисциплина: Теория переноса излучения

Семестр: 8

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Теория переноса излучения» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен применять специализированные знания, полученные в области физических наук, при проведении научно-исследовательских разработок	ПК-1.1. Обладает знаниями об основных методах проведения научно-исследовательских разработок в области физических наук; о способах планирования и организации исследований; ПК-1.2. Демонстрирует умения: проводить поиск, изучение и обобщение научного опыта в соответствующей области исследований; определять цели и задачи планируемых исследований и разработок; проводить исследование, составлять его описание, формулировать выводы по полученным результатам;	<u>Знать</u> : Для достижения ПК-1.1: основные понятия теории переноса излучения, основное уравнение, численные методы для решения этого уравнения; <u>Уметь</u> : Для достижения ПК-1.2: разрабатывать различные численные схемы для решения уравнения теории переноса излучения для конкретных физических задач; <u>Владеть</u> : Для достижения ПК-1.3: навыком компьютерного моделирования для расчета характеристик полей излучения различными численными методами



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 4	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		ПК-1.3. Имеет практический опыт (навыки) в области физических наук: проведения научных исследований в соответствии с поставленной целью; составления отчетов по теме и по результатам проведенных научно- исследовательских разработок.	
--	--	--	--

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируем ые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименов ание оценочног о средства на промежут очной аттестаци и/№ задания
1	ПК-1 <u>Знать:</u> Для достижения ПК-1.1: основные понятия теории переноса излучения, основное уравнение, численные методы для решения этого уравнения; <u>Уметь:</u> Для достижения ПК-1.2: разрабатывать различные численные схемы для решения уравнения теории переноса излучения для конкретных	Основные понятия теории переноса излучения	Контрольная работа (тест- опрос)	Вопросы к экзамену (№ 1-2)
		Уравнение линейной теории переноса	Задачи к практическим занятиям (тема 1)  Контрольная работа (тест- опрос)	Вопросы к экзамену (№ 3-18)



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

физических задач; <u>Владеть:</u> Для достижения ПК-1.3: навыком компьютерного моделирования для расчета характеристик полей излучения различными численными методами	Численные методы решения уравнения переноса. Метод Монте- Карло для решения задач переноса	Задачи к практическим занятиям (тема 2- 3)  Контрольная работа (тест- опрос)	Вопросы к экзамену (№ 19-25)
---	--	---	---------------------------------------

## 3.2 Содержание оценочных средств

### Типовые задания к практическим занятиями

#### Тема №1

1. Получить интегрально-дифференциальную форму стационарного уравнения переноса для дважды дифференциальной плотности потока энергии для случая плоской симметрии.
2. Упростить градиентный член уравнения переноса в приближении малых углов (с точностью до членов второго порядка по переменной  $\theta$ ) для следующих геометрий: а) декартова система координат; б) сферическая геометрия.
3. Упростить интегрально-дифференциальную форму стационарного уравнения переноса для случая бесконечной однородной среды с равномерно распределенными источниками.
4. Упростить интеграл рассеяния одногруппового уравнения переноса для случая изотропного рассеяния в задачах с плоской симметрией.
5. Найти решение уравнения переноса в чисто поглощающей среде с точечным мононаправленным моноэнергетическим источником единичной мощности.
6. Найти решение уравнения переноса в чисто поглощающей среде для плоского изотропного моноэнергетического источника единичной мощности.
7. Написать выражение для функции чувствительности детектора, измеряющего количество столкновений в единицу времени в заданной области  $V$ .
8. Написать выражение для функции чувствительности детектора, измеряющего мощность дозы гамма-излучения в заданной точке  $r$ .
9. Написать выражение для функции чувствительности детектора, измеряющего среднюю в заданной области  $V$  плотность энерговыделения при взаимодействии гамма-излучения с веществом.
10. Получить решение уравнения диффузии в бесконечной однородной среде, в единице объема которой образуется  $q$  частиц.
11. Получить решение уравнения диффузии в бесконечной однородной среде для точечного и плоского изотропных источников единичной мощности.

#### Тема №2

1. Написать программу для моделирования методом Монте-Карло длины свободного



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

пробега частицы в рассеивающей среде.

2. Написать программу для генерации случайной величины, имеющей нормальное распределение. Численно оценить ее дисперсию.

### Тема №3

1. Написать программу для моделирования прохождения электромагнитного излучения в рассеивающей среде.

### Типовые вопросы к контрольной работе (тест-опрос)

№	Вопрос	Ответ
1.	Случайная величина $\xi$ имеет плотность распределения $f(x) = \begin{cases} a\sqrt{x}, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & x \notin [0,1] \end{cases}$ Определить коэффициент $a$ .	3/2
2.	Случайная величина $\xi$ имеет плотность распределения $f(x) = \begin{cases} a\sqrt{x}, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & x \notin [0,1] \end{cases}$ Определить вероятность попадания $\xi$ в интервал $[1/2, 1]$ .	7/8
3.	Показать, что функция $x=2x$ является плотностью распределения случайной величины $\xi$ на отрезке $[0,1]$ .	1) $f(x) \geq 0$ на $[0,1]$ 2) $\int_0^1 2x dx = 1$
4.	Вычислить вероятность попадания случайной величины $\xi$ в интервал $(0, 1/4)$ . Плотность распределения $x=2x$ .	$\int_0^{1/4} 2x dx = \frac{1}{16}$
5.	Показать, что вероятность попадания на интервал $[a, b]$ нормально распределенной случайной величины с математическим ожиданием $m$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma$ не изменится, если каждое из чисел $a, b, m$ и $\sigma$ увеличить в $\lambda$ раз.	$\int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi(\lambda\sigma)^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\lambda m)^2}{2(\lambda\sigma)^2}\right\} dx =$ замена $\begin{cases} y = \lambda x \\ dx = \frac{dy}{\lambda} \end{cases} =$ $\int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(y-m)^2}{2\sigma^2}\right\} dy$
6.	Частицы падают на плоский однородный чисто поглощающий слой вещества. Движение частиц в веществе начинается из точки $x = 0$ и происходит вдоль оси $x$ с постоянным сечением поглощения $\mu_a$ . Записать уравнение для плотности потока $\Phi(x)$ таких частиц.	$\frac{\partial \Phi}{\partial x} + \mu_a \Phi = 0$
7.	Вывести явную формулу для определения значения, принимаемого случайной величиной $\xi$	$\xi = x_0 - \frac{1}{a} \ln(y)$





МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

20.	Запишите, как длина свободного пробега $l$ связана с сечениями поглощения $\mu_a$ и рассеяния $\mu_s$	$l = - \frac{\ln(\gamma)}{\mu_s + \mu_a}$ <p><math>\gamma</math> - случайная величина, равномерно распределенная на <math>[0,1]</math></p>
-----	---	--

### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия традиционной теории переноса.
2. Определение случайного процесса.
3. Цепи Маркова.
4. Марковские процессы с непрерывным временем.
5. Уравнения Колмогорова.
6. Основные уравнения марковского процесса.
7. Постулаты линейной теории переноса.
8. Уравнение переноса для фазовой плотности и плотности потока частиц.
9. Сопряжённое уравнение переноса.
10. Стационарная формулировка теории переноса.
11. Интегральные уравнения переноса.
12. Односкоростное уравнение.
13. Приближение непрерывного замедления.
14. Диффузионное приближение.
15. Метод групп.
16. Метод сферических гармоник.
17. Метод дискретных ординат.
18. Особенности применения методов для излучений различного типа.
19. Моделирование случайных величин с заданным законом распределения.
20. Аналоговое моделирование. Решение линейных интегральных уравнений.
21. Достаточные условия существования и единственности решения линейного интегрального уравнения II рода. Ряд Неймана.
22. Основная оценка линейного функционала от решения линейного интегрального уравнения II рода.
23. Приложение к задачам переноса. Существенная выборка.
24. Дисперсия оценок.
25. Особенности решения задач переноса нейтронов, фотонов, электронов

## 4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Задания к практическим занятиям студенты выполняют в течение семестра на практических занятиях и в форме самостоятельной работы. Задачи сгруппированы по темам практических занятий. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой теме. Отчет по теме считается сданным вовремя, если он сдан в течение месяца после изучения темы на практическом занятии. Максимальный балл за выполнение одной лабораторной работы – 10 баллов. Отчет подразумевает:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 9	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

- решение 80% задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы (тема 1).
- написание компьютерной программы и умение объяснить алгоритм ее работы (темы 2-3).

Также в течение семестра студент выполняет одну контрольную работу.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса (2 теоретических и 1 практический вопросы). Если студент отчитался по всем темам практических занятий в течение семестра, он освобождается на экзамене от практического вопроса.

В п.4.2 приведена балльно-рейтинговая оценка всех мероприятий, проводимых в течение семестра.

## 4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

### Начисляемые баллы за выполнение плановых заданий

№ п/п	Перечень контрольных мероприятий	Максимальный рейтинговый балл
1	2	3
1.	Посещение лекционных занятий	11
2.	Посещение практических занятий	5
3.	Отчет по практическим занятиям	30
4.	Контрольная работа	10

Критерии оценивания отчета по практическим занятиям:

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Характеристик и ответа	Выполнено > 80% заданий, отчет сдан вовремя	Выполнено >80% заданий, отчет сдан не вовремя	Выполнено <80% заданий, отчет сдан не вовремя	Задания не выполнены
Баллы	10-7	7-4	3-1	0
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний	базовый	недостаточный
Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно

Также в течение семестра проводится одна **контрольная работа**. На контрольной работе студенту предлагается решить 5 задач.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

#### Критерии оценивания контрольной работы:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Правильно и с пояснениями решены 5 задач	10	высокий
Решены 5 задач, но есть ошибки	8-9	средний
Правильно и с пояснениями решены 3-4 задачи	6-8	
Решены 3-4 задачи, но есть ошибки	4-6	базовый
Правильно решены 1-2 задачи	2-4	
Частично решена одна задача	0	недостаточный

Таким образом, за работу в семестре студент может получить максимум 56 баллов.

Экзамен проходит в письменно-устной форме и представляет собой ответ на 2 теоретических вопроса билета и выполнение одного практического задания. Если в течение семестра студент набирает более 40 баллов, он освобождается от практического задания в билете. Если студент в течение семестра набирает менее 30 баллов, на экзамене он получает дополнительный вопрос к билету на усмотрение преподавателя.

Максимальный балл за ответы по билету – 50 баллов.

#### Критерии оценивания теоретических вопросов:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Ответил на оба вопроса билета, воспроизвел соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	45-50	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода.	35-45	средний
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	10-35	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	0	недостаточный

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория переноса излучения» по направлению подготовки (специальности)  
03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Критерии оценивания экзамена:

- 0-50 баллов - неудовлетворительно (2);
- 51-70 баллов - удовлетворительно (3);
- 71-90 баллов - хорошо (4);
- 91-100 баллов - отлично (5).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом теории переноса излучения, что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом теории переноса излучения; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом теории переноса излучения; не владеет навыками решения базовых задач по данной дисциплине.

