

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:08:38  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6c077a486b9a6788b6322523



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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани**

Направление подготовки (специальность)  
03.04.02 Физика

Направленность (профиль)  
Медицинская физика

Присваиваемая квалификация (степень)  
Магистр

Форма обучения  
Очная

Челябинск, 2025 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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская 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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль): Медицинская физика

Дисциплина: Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани

Семестр: 1

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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» 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-2	Способность ставить научные задачи в области медицинской физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта	ПК-2.1. Обладает знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте эксплуатации и технического обслуживания электронного оборудования; ПК-2.2. Демонстрирует умение ставить научные задачи в области медицинской физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта; ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских	<u>Знать</u> : Для достижения ПК-2.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели, описывающие взаимодействие лазерного излучения с биологическими системами; основные математические модели переноса лазерного излучения в биологических тканях; основные математические модели теплового эффекта лазерного воздействия на биологические ткани; основные численные методы для моделирования радиационных и тепловых полей лазерного излучения в биологических тканях; <u>Уметь</u> : Для достижения





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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 5	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

переноса лазерного излучения в биологических тканях; основные математические модели теплового эффекта лазерного воздействия на биологические ткани; основные численные методы для моделирования радиационных и тепловых полей лазерного излучения в биологических тканях; <u>Уметь:</u> Для достижения ПК-2.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями переноса лазерного излучения в биотканях; применять физико-математические методы для компьютерного моделирования процессов в биологических системах; <u>Владеть:</u> Для достижения ПК-2.3: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации в области медицинской физики, навыками постановки и решения задач научных исследований в области медицинской физики (на примере моделирования лазерного воздействия на биологические ткани)	Определение оптических характеристик биологических тканей	Практические занятия (тема 4), Вопросы для текущего контроля	Вопросы к экзамену № 8-10
	Математические модели и численные методы для моделирования тепловых полей	Практические занятия (тема 5), Вопросы для текущего контроля	Вопросы к экзамену № 11-12
	Особенности моделирования различных медицинских лазерных технологий	Практические занятия (тема 5), Вопросы для текущего контроля	Вопросы к экзамену № 13-15

## 3.2 Содержание оценочных средств

### Вопросы для текущего контроля

№	Вопрос	Ответ
1.	Укажите основные поглотители электромагнитного излучения биологических тканей в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне	Гемоглобин, вода, меланин
2.	Укажите название основной характеристики полей излучения	Дифференциальная интенсивность излучения
3.	Укажите основные математические модели радиационных полей	<ul style="list-style-type: none"><li>• Закон Бэра</li><li>• Диффузионная модель</li><li>• Кинетическая модель переноса излучения</li></ul>



		<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Все три</b></li></ul>
4.	Укажите модель, которая служит для расчета интенсивности $I(\mathbf{r})$ : <ul style="list-style-type: none"><li>• нерассеянного излучения;</li><li>• на оси тонкого луча, перпендикулярно падающего на поверхность среды (модель тем лучше, чем тоньше луч);</li><li>• в слаборассеивающей среде в области действия источника излучения (модель тем лучше, чем меньше рассеяние).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Закон Бэра</b></li><li>• Диффузионная модель</li><li>• Кинетическая модель переноса излучения</li></ul>
5.	Укажите модель, которая служит для расчета интенсивности $I(\mathbf{r})$ : <ul style="list-style-type: none"><li>• любой геометрии среды;</li><li>• в слабоанизотропных полях излучения;</li><li>• для слабоанизотропных источников излучения</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Закон Бэра</li><li>• <b>Диффузионная модель</b></li><li>• Кинетическая модель переноса излучения</li></ul>
6.	Укажите модель, которая служит для расчета интенсивности $I(\mathbf{r}, \Omega)$ : <ul style="list-style-type: none"><li>• любой геометрии среды;</li><li>• для любых (в том числе сильноанизотропных) полей излучения;</li><li>• для любых (в том числе сильноанизотропных) источников излучения</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Закон Бэра</li><li>• Диффузионная модель</li><li>• <b>Кинетическая модель переноса излучения</b></li></ul>
7.	Укажите название модели, соответствующей этому уравнению $-\nabla[D(\mathbf{r})\nabla I(\mathbf{r})] + \Sigma_a(\mathbf{r})I(\mathbf{r}) = S(\mathbf{r})$	Диффузионная модель
8.	Укажите название модели, соответствующей этому уравнению $I(\mathbf{r}) \equiv I(x, y, z) = I(x, y, 0) \exp[-\Sigma(x, y) \cdot z]$	Закон Бэра
9.	Укажите название модели, соответствующей этому уравнению $\Omega \nabla I(\mathbf{r}, \Omega) + \Sigma(\mathbf{r})I(\mathbf{r}, \Omega) - \Sigma_s(\mathbf{r}) \int p(\mathbf{r}, \Omega' \rightarrow \Omega) I(\mathbf{r}, \Omega') d\Omega' = S(\mathbf{r}, \Omega)$	Кинетическая модель переноса излучения
10.	Укажите название величины, которая характеризует распределение фотонов по направлениям после рассеяния и равна вероятности того, что старое направление $\Omega'$ при рассеянии в точке $\mathbf{r}$ изменится на новое направление $\Omega$ внутри единичного телесного угла.	Индикатриса рассеяния
11.	Укажите название величины, которая характеризует вероятность поглощения фотонов на единице длины пути в среде	Коэффициент поглощения
12.	Укажите название величины, которая характеризует	Коэффициент рассеяния



	вероятность рассеяния фотонов на единице длины пути в среде	
13.	Укажите формулу для моделирования длины свободного пробега $L$ фотона в среде с коэффициентом поглощения $\mu_a$ и коэффициентом рассеяния $\mu_s$ .	$L = -\frac{1}{\mu_a + \mu_s} \ln(\alpha)$ $\alpha$ - случайная величина, равномерно распределенная на $[0,1]$ .
14.	Укажите формулы для моделирования точки рождения фотона $(\rho, \varphi)$ , равномерно распределенной в круге радиуса $R$ .	$\rho = R\sqrt{\alpha}$ $\varphi = 2\pi\alpha$ $\alpha$ - случайная величина, равномерно распределенная на $[0,1]$ .
15.	Укажите формулу для моделирования типа взаимодействия фотона в среде (поглощение или рассеяние) с коэффициентом поглощения $\mu_a$ и коэффициентом рассеяния $\mu_s$ .	Поглощение, если $\leq$ Рассеяние, если $\alpha > \frac{\mu_a}{\mu_a + \mu_s}$ $\alpha$ - случайная величина, равномерно распределенная на $[0,1]$ .
16.	Укажите формулу определения коэффициента ослабления $\mu$ в методе коллимированного пропускания. $I(z)$ - интенсивность излучения, прошедшая сквозь слой среды толщиной $z$ . $I_0$ - падающая на поверхность среды интенсивность излучения.	$\mu = -\frac{1}{z} \ln\left(\frac{I(z)}{I_0}\right)$
17.	Зависят ли значения теплофизических параметров биологических тканей от длины волны излучения, воздействию которого они подвергаются	Нет
18.	В каких медицинских технологиях можно оценить распределение температуры в рамках модели биотеплового уравнения	<ul style="list-style-type: none"><li>• Абляция</li><li>• <b>Термотерапия</b></li><li>• Резекция</li></ul>
19.	Какой вид кровотока можно учесть в биотепловом уравнении	Капиллярный кровоток
20.	Назовите основные численные методы решения биотеплового уравнения	<ul style="list-style-type: none"><li>• Конечно-разностный метод</li><li>• Метод конечных элементов</li><li>• <b>Оба метода</b></li></ul>



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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Типовые задания к практическим занятиям

### Тема 1. Основные понятия и характеристики

1. Установить связь между средней длиной свободного пробега и оптическими характеристиками биологических тканей. Вычислить среднюю длину свободного пробега для различных тканей.

### Тема 2. Математические модели и численные методы для моделирования радиационных полей

1. Из кинетического уравнения получить закон Бэра с учетом соответствующих приближений.
2. Решить диффузионное уравнение для бесконечной однородной среды, облучаемой изотропным точечным источником, помещенным в точку  $r_0$ .
3. Решить диффузионное уравнение для бесконечной однородной среды, облучаемой плоским изотропным источником с постоянной поверхностной плотностью.

### Тема 3. Метод Монте-Карло

Написать программу для расчета плотности поглощенной мощности лазерного излучения в однородной среде аналоговым методом Монте-Карло.

### Тема 4. Определение оптических характеристик биологических тканей

Написать программу для определения оптических параметров мутных сред методом коллимированного пропускания.

### Тема 5. Математические модели и численные методы для моделирования тепловых полей

Написать программу для расчета тепловых полей в однородной среде методом конечных элементов.

## Вопросы к экзамену

1. Характеристики радиационных полей лазерного излучения.
2. Оптические характеристики биотканей. Спектр коэффициента поглощения для различных веществ (кровь, вода, гемоглобин, жир).
3. Закон Бэра. Условия и границы применимости модели.
4. PN- приближение для однородной бесконечной среды.
5. Диффузионное приближение. Условия и границы применимости модели.
6. Кинетическая модель. Уравнение переноса излучения.
7. Метод Монте-Карло для решения уравнения переноса излучения.
8. Общая постановка обратных задач. Метод коллимированного пропускания для определения оптических характеристик.
9. Методы решения обратной задачи в диффузионном приближении.
10. Методы решения обратной задачи в кинетическом приближении.
11. Тепловой эффект воздействия лазерного излучения. Виды теплового воздействия





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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 10

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Критерии оценивания отчета по практическим заданиям:

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Характеристики 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	10-8	7-5	5-4	<4
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний	базовый	недостаточный

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 70 баллов, он освобождается от практического задания в билете. Если студент в течение семестра набирает менее 50 баллов, на экзамене он получает дополнительный вопрос к билету на усмотрение преподавателя.

Максимальный балл за ответы по билету – 40 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Отвечил на оба вопроса билета, воспроизвел соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны незначительные ошибки.	35-40	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.	25-35	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.	10-20	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:

Критерии оценивания экзамена:

0-50 баллов - неудовлетворительно (2);



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 «Моделирование лазерного воздействия на биологические ткани» по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 «Физика» направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

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 дисциплины, 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 дисциплины; 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 дисциплины; не владеет навыками решения базовых задач.

