

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Physical fields and forces in biological systems**  
**Физические поля в биологических системах**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки  
**Physics Methods and Information Technologies in Biomedicine**  
**«Физические методы и информационные технологии в биомедицине»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
В.П. Демкин

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-3 – способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет») для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения

- ИОПК-3.1. Использует специализированные Интернет-ресурсы для поиска научной информации и анализа трендов развития наук.
- ИОПК-3.2. Использует современное программное обеспечение для анализа научных данных и подготовки научных презентаций.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Знакомство с биологической электродинамикой;
- знакомство с характеристиками взаимодействия электромагнитного поля с веществом;
- знакомство с источниками энергии живого организма и видами совершаемых им работ.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)», обязательной части.

Дисциплина формирует у магистрантов представления о биофизических эффектах, характеризующих взаимодействие электромагнитного поля с биологическими объектами.

Полученные в рамках дисциплины компетенции необходимы для эффективной организации научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

## **4. Семестр(ы)освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования:

- знание основ работы с графическими редакторами;
  - базовые навыки работы с персональным компьютером.
- Специальные компетенции для освоения дисциплины не предусмотрены.

## **6. Язык реализации**

Английский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3з.е., 108 часов, из которых:

- лекции: 12 ч.;
  - практические занятия (семинарские): 4 ч.,
  - лабораторные работы: 8 ч.
- в том числе практическая подготовка: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Введение. Электромагнитное поле. Основные принципы и определения.

Структурно-функциональные характеристики биомедицинских систем. Биофизические методы. Фундаментальные проблемы структуры биомедицинских систем. Электромагнитное поле. Дуализм природы света. Фотометрические световые единицы. Основные физические константы. Вовлечение энергии, которая возбуждает электрон в высшее электронный уровень является, на молекулярной шкале, достаточно большой, будучи намного больше, чем энергия, вовлеченная в возбужденная, колебательное или вращательное многообразие молекулы.

Тема 2. Спектральная область фотобиологических процессов.

Поперечная электромагнитная волна. Дуализм природы света. Энергия. Шкала электромагнитных волн. Классическое и квантовое представление испускания света. Лампы. Лазеры. Типичные значения времени жизни возбужденных атомов. Единицы длин волн.

Тема 3. Функционально-физиологические процессы и реакции, протекающие под действием света. Деструктивно-модификационные реакции.

Рецепторы человеческого организма, перенос энергии, вещества и информации в биологических системах. Структура нативного состояния. Уровни организации белковых молекул и их устойчивость. Конформационные превращения. Физические свойства природных аминокислот.

Тема 4. Основные принципы биотехнических систем.

Метки и зонды. Флуоресцентные сенсоры. Хемилюминесценция. Биолюминесценция. Бактериальная биолюминесценция.

Тема 5. Взаимодействие электромагнитного поля с биологическими системами. Квантовая природа света, формула Планка, соотношение между энергией кванта, длиной волны, частотой излучения. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантово-механическая модель энергетических состояний атомов и молекул.

Квантовая теория. Уравнение Шредингера. Кинетическая и потенциальная энергии системы. Геометрическое представление круговых орбит. Схема термов атома. Электронные оболочки.

Q-MP2-OS: новый подход к корреляции с использованием квадратуры. Поляризуемое встраивание плотности для белков: возбужденные состояния в сложных биологических средах. Моделирование слабых взаимодействий в биологических системах со сферическими атомными электронными плотностями.

Тема 6. Воздействие электромагнитных полей СВЧ, радио- и терагерцового диапазонов на живые системы.

Инфракрасная спектроскопия. Инфракрасный спектрометр. Спектр некоторых компонентов крови.

Тема 7. Воздействие электромагнитных полей оптического диапазона на живые системы. Фотобиологические процессы, протекающие в биологических тканях. Лазеры в медицине.

Термины. Фотофизические процессы, протекающие в молекуле. Механизмы флуоресценции. От диаграммы энергии к спектрам. Схема Яблонского. Влияние растворителя. Взаимодействие молекул и влияние на спектры. Измерение флуоресценции: флуориметр. Линейность флуоресцентного сигнала. Мутные образцы и измерение при низких температурах. Поляризация и анизотропия. Тушение флуоресценции.

Тема 8. Физиологические аспекты ионизирующее излучение в диагностике и лечении живых систем.

Рентгеновские лучи. Кинематическая теория рассеяния рентгеновского излучения. Виды реакций с участием нейтронов.

Тема 9. Основные оптические методы исследования биологических объектов: абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света, флуоресцентная

спектроскопия, круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения, ИК- и Раман-спектроскопия. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.

Общие сведения. Инструментарий: флуоресцентная спектроскопия, ИК- и Раман-спектроскопия. Круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения.

Тема 10. Применение спектральных методов в экспериментальной биологии и медицине.

Виды оптической спектроскопии. Оптика в спектроскопии. Дифракционные решетки. Призмы. Монохроматоры. Фотодетекторы. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Отклонения от закона. Фотометрические ошибки. Измерение мутных образцов. Поглощающие свойства молекул. Комплексы с переносом заряда. Модификация спектров поглощения. Дифференциальная спектрофотометрия. Спектрофотометры. Химическая связь, спектроскопия ядра и магнитные свойства актинидных комплексов. Погоня за точностью в межмолекулярных потенциалах и спектрах. Молекулярные свойства и взаимодействия: замечательная площадка для теоретика и экспериментатора.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, оценки практических заданий, предполагающих самостоятельную работу по поиску, анализу, обработке информации, отчетов по лабораторным работам, подготовке и оформлению результатов в форме отчетов.

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Экзамен в третьем семестре** проводится в устной форме по билетам. Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнили все практические задания и лабораторные работы.

Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2954>

б) оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Podgoršak E. B. Radiation physics for medical physicists [Electronic resource] / E. B. Podgoršak. – Berlin : Heidelberg : Springer-Verlag, 2006. – 437 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29471-6> (access date: 22.02.2022).

2. Magnetic resonance imaging in laboratory petrophysical core analysis [Electronic resource] / J. Mitchell [et al.] // Physics reports. – 2013. – Vol. 526, is. 3. – P. 165-225. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370157313000185> (access date: 27.08.2024).

3. Ha S. D. Adaptive oxide electronics : a review [Electronic resource] / S. D. Ha, S. Ramanathan // Journal of applied physics. – 2011. – Vol. 110, is. 7. – Art. № 071101. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap/110/7/10.1063/1.3640806> (access date: 27.08.2024).

4. Ide-Ekessabi A. Applications of synchrotron radiation : micro beams in cell micro biology and medicine [Electronic resource] / A. Ide-Ekessabi. – Berlin : Heidelberg : Springer-Verlag, 2007. – 218 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: [https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=\\_ynsg28VZ70C&oi=fnd&pg=PA2&dq=4.%09Ide](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=_ynsg28VZ70C&oi=fnd&pg=PA2&dq=4.%09Ide)

-  
Ekessabi+A.+Applications+of+synchrotron+radiation+:+micro+beams+in+cell+micro+biology  
+and+medicine+%5BElectronic+resource%5D+/%A.+Ide-  
Ekessabi.+%E2%80%93+Berlin+:+Heidelberg+:+Springer-  
Verlag,+2007&ots=ZJak\_Ztc9M&sig=fUN1-  
03sYJCJDTLABU1k1FQ9P7I&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false (access date: 27.08.2024).

5. Чайковская О.Н., Бочарникова Е.Н., Чайдонова В.С. Избранные главы к курсу «Физические поля и их действие на биосистемы»: учебно-методическое пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. – 96 с.

6. Чайковская О.Н., Безлепкина Н.П. Лабораторная работа "Фотолиз сульфатуанидина в воде": методические указания /сост.: Томск: Издательство Томского государственного университета, 2023. – 33 с.

7. Чайковская О.Н., Бочарникова Е.Н., Безлепкина Н.П. Лабораторные работы «Методы люминесцентного анализа»: методические указания. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2024. – 25 с.

б) дополнительная литература:

1. Principles of fluorescence spectroscopy / ed. J. R. Lakowicz. – New York : Springer Science+Business Media, 2006. – 954 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-0-387-46312-4> (access date: 26.02.2016).

2. Weatherhead S. C. Spectral effects of UV on psoriasis [Electronic resource] / S. C. Weatherhead, P. M. Farr, N. J. Reynolds // Photochemical &Photobiological Sciences. – 2013. – Vol. 12. – P.47–53. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2013/pp/c2pp25116g> (access date: 26.02.2021).

3. Effect of ultraviolet radiation, visible light, and infrared radiation on erythema and pigmentation : a review [Electronic resource] / L. R. Sklar [et al.] // Photochemical &Photobiological Sciences. – 2013. – Vol. 12. – P.54–64. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2013/pp/c2pp25152c> (access date: 26.09.2021).

4. Optical methods in biomedicine/Training manual ed. by Cherepanov V.N. – Tomsk: Publishing house of Tomsk State University. – 2016. – 202 p.

в) ресурсы сети Интернет:

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office Access, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <https://koha.lib.tsu.ru/>

- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
  - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
  - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
  - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
- в) профессиональные базы данных (при наличии):
- PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения лекционных используется лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине (аудитория № 442 второго учебного корпуса ТГУ), оснащенная интерактивной доской, звуковым и видеооборудованием, мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, ресурсов сети Интернет, других учебных материалов. Имеются персональные компьютеры студентов, с доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Для проведения лабораторных работ и практических занятий используется материально-техническая база Сибирского физико-технического института им. акад. В.Д. Кузнецова.

При организации занятий в дистанционном режиме возможно использование технологий – вебинара, Mind.

Помещения для самостоятельной работы, в том числе расположенные в НБ ТГУ, оснащены компьютерной техникой, имеют доступ к сети Интернет, информационным справочным системам, в электронную информационно-образовательную среду.

#### **5. Информация о разработчиках**

Чайковская Ольга Николаевна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и спектроскопии ТГУ, заведующая лабораторией фотофизики и фотохимии молекул.