

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Биомедицинская оптика

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 – Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости.

– ИПК 1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат математического моделирования взаимодействия излучения с биологическими клетками, тканями применительно к задачам биомедицинской оптики

– Изучить современные лазерные и оптические диагностические методы, перспективные для клинического применения.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Квантовая теория рассеяния, Нелинейная оптика, Теоретические основы фотоники, Лазеры и лазерные технологии, Спектроскопия комбинационного рассеяния, Физика межмолекулярных взаимодействий.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых

– лекции: 12 ч.;

– практические занятия: 12 ч.;

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение в оптическую биомедицинскую диагностику.

Общая характеристика моделей биологических систем и процессов. Цели моделирования.

Тема 2. Введение в рассеяние света биологическими объектами.

Рассматриваются три подхода в теории ослабления и рассеяния света в дисперсионных средах. Теоретические методы для расчета характеристик рассеяния света отдельными частицами. Применение теории переноса излучения в оптике биотканей.

Тема 3. Оптика крови.

Изучение физических свойства клеток крови. Эритроциты. Лейкоциты. Тромбоциты. Оптические свойства оксигемоглобина и дезоксигемоглобина. Оптические свойства крови. Практическое значение оптических свойств крови для диагностики.

Тема 4. Распространение импульсов и волн фотонной плотности в мутных средах.

Нестационарная теория переноса. Методы решения нестационарного уравнения переноса. Сведение к стационарному случаю. Метод сферических гармоник. Метод дискретных ординат. Метод распределенного источника. Метод Монте-Карло. Диффузионное приближение.

Тема 5. Статистические свойства многократного рассеяния когерентного света.

Слабая локализация света при многократном рассеянии в случайно не однородных средах. Корреляционные свойства многократно рассеянного когерентного излучения. Определение функции плотности вероятности оптических путей: основные методы.

Тема 6. Визуализация с временным разрешением в рассеивающих средах.

Визуализация сквозь мутные ткани с использованием традиционных методов. Основные понятия визуализации с временным разрешением через сильно рассеивающие среды.

Тема 7. Фазово-модуляционные методы спектроскопии тканей и формирование изображений.

Аппаратура, методы модуляции, детектирование сигнала. Моделирование распространения света в рассеивающей среде. Спектроскопия тканей и оксиметрия. Оптическое формирование изображения тканей.

Тема 8. Количественное определение и локализация сигнала в спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона.

Спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона биотканей. Использование количественных тренд-измерений для определения абсолютного значения кровотока, объема крови, насыщения гемоглобина и уровня потребления кислорода в тканях.

Тема 9. Регистрация оптико-акустических импульсов с высоким временным разрешением для измерения распределения оптической энергии в биотканях.

Методы изучения распределения оптического излучения в биотканях. Два режима регистрации сигналов в оптоакустике. Оптоакустика микронеоднородных сред. Оптоакустические сигналы в биотканях. Измерение оптических свойств сред оптоакустическим методом.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения контрольных работ, заданий и тестов по материалам курсу, и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом. 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 3 семестре проводится в письменной форме по билетам. Оценочные материалы для проведения 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=25871>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен.

1. Три подхода в теории ослабления и рассеяния света в дисперсионных средах.
2. Теоретические методы для расчета характеристик рассеяния света отдельными частицами.
3. Применение теории переноса излучения в оптике биотканей.
4. Физические свойства клеток крови.
5. Эритроциты. Лейкоциты. Тромбоциты. Оптические свойства оксигемоглобина и дезоксигемоглобина.
6. Оптические свойства крови. Практическое значение оптических свойств крови для диагностики.
7. Нестационарная теория переноса. Методы решения нестационарного уравнения переноса.
8. Слабая локализация света при многократном рассеянии в случайно не однородных средах.
9. Корреляционные свойства многократно рассеянного когерентного излучения.
10. Определение функции плотности вероятности оптических путей: основные методы.
11. Визуализация сквозь мутные ткани с использованием традиционных методов.
12. Моделирование распространения света в рассеивающей среде.
13. Спектроскопия тканей и оксиметрия.
14. Оптическое формирование изображения тканей.
15. Оптическая спектроскопия.
16. Спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона биотканей. Абсолютные измерения.
17. Использование количественных тренд-измерений для определения абсолютного значения кровотока, объема крови, насыщения гемоглобина и уровня потребления кислорода в тканях.
18. Методы изучения распределения оптического излучения в биотканях.
19. Оптоакустика микронеоднородных сред.
20. Оптоакустические сигналы в биотканях.
21. Измерение оптических свойств сред оптоакустическим методом.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

1. Нестационарная теория переноса.
2. Методы решения нестационарного уравнения переноса.
3. Сведение к стационарному случаю.
4. Метод Монте-Карло. Диффузионное приближение.
5. Оптическая спектроскопия. Спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона биотканей.
6. Количественные тренд-измерения.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к экзамену.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение.

1. Метод сферических гармоник.
2. Метод дискретных ординат.
3. Метод распределенного источника.
4. Абсолютные измерения.
5. Влияние формы и неоднородности биотканей.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. М.: Наука 2007.
2. Синичкин Ю.П. Утц С.Р. In vivo отражательная и флуоресцентная спектроскопия кожи человека. Саратов: Изд-во Саратовск. Ун-та 2001.
3. Кочубей В.И. Конюхова Ю.Г. Методы спектрального анализа крови и плазмы. Саратов: Изд-во Саратовск. Ун-та, 2000.
4. Зимнячков Д.А. Тучин В.В. Оптическая томография тканей // квантовая электроника. 2002. Т. 32, №10. С. 849-867.
5. Джеймс Р. Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей. Пер. с англ. М.: Мир, 1950.
6. Иванов А.П. Лойко В.А. Дик В.П. Распространение света в плотноупакованных дисперсионных средах. М.: Наука и техника, 1988.
7. Zharov V.P. Letokhov V.S. Laser Optoacoustic Spectroscopy. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag, 1984.

б) дополнительная литература:

1. *Mishchenko M.I., Wiscombe W.J., Travis L.D.* Overview of scattering by nonspherical particles // *Light Scattering by Nonspherical Particles: Theory, Measurements, and Applications* / Ed. by M.I. Mishchenko, J.W. Hovenier, L.D. Travis. San-Diego: Academic Press, 2000. Ch. 2. P. 29-60.
2. *Kumar G., Schmitt J. M.* Micro-optical properties of tissue // *Proc. SPIE*. 1996. V. 2679. P. 106-116.
3. *Wintrobe M. M.* Clinical Hematology. Philadelphia: Lea and Febiger, 1981.
4. *Pickering J. W., Prahl S. A., van Wieringen N., Beek J.F., Sterenborg H.J. C.M., van Gemert M. J. C.* Double-integrating-sphere system for measuring the optical properties of tissue // *Appl. Opt.* 1993. V. 32. P. 399-410.
5. *Yaroslavsky I. V., Yaroslavsky A. N., Battarbee H.D., Sisson C., Rodriguez J.G.* Distributed-source approach to image reconstruction in diffuse optical tomography // *Proc. SPIE*. 2000. V. 3917. P. 219-224.
6. Willman S., Terenji A., Busse H., Yaroslavsky I. V. Yaroslavsky A. N., Schwarzmaier H. –J., Hering P. Scattering delay time of Mie scatters determined from steady-state and time-resolved optical spectroscopy // *J. Opt. Soc. Am. A*. 2000. V.17. P. 745-749.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, 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	–
http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system	
– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ	–
http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index	
– ЭБС Лань – http://e.lanbook.com/	

- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате, оснащенные системой («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Конов Иван Александрович, кандидат физико-математических наук, кафедра оптики и спектроскопии физического факультета ТГУ, доцент.