

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.07.2023 15:46:04  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Квантовая и оптическая электроника»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**  
**(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«БИОФОТОНИКА»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

по профилю

**«Квантовая и оптическая электроника»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Степанова О.С.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Фот  
16.05.2022, протокол № 3/22

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 16.06.2022, протокол № 3/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	Фот
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	8
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	16
Практические занятия (академ. часов)	32
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	49
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	95
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«БИОФОТОНИКА»**

В курсе «Биофотоника» рассматриваются вопросы взаимодействия оптического излучения с биотканями, а также химическая структура биологически важных соединений. Студенты изучают основные оптические методы исследования биологических объектов: абсорбционную спектроскопию видимого и ультрафиолетового света, флуоресцентную спектроскопию, круговой дихроизм и дисперсию оптического вращения, ИК-и Рамановскую спектроскопию, а также оптические методы диагностики состояния растений.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«BIOPHOTONICS»**

The «Biophotonics» course discusses the interaction of optical radiation with biological tissues, as well as the chemical structure of biologically important compounds. Students study the main optical methods for studying biological objects: absorption spectroscopy of visible and ultraviolet light, fluorescence spectroscopy, circular dichroism and dispersion of optical rotation, IR and Raman spectroscopy, as well as optical methods for diagnosing plant conditions.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цели дисциплины:

-изучение взаимодействия оптического излучения с биотканями, а также химической структуры биологически важных соединений;

-формирование умений и навыков выбора основных методов и приборов биофотоники для исследования биологических объектов.

2. Задачи дисциплины: формирование знаний, умений и практических навыков для корректного применения приборов биофотоники.

3. Знания физических и химических процессов при взаимодействии оптического излучения с биотканями, а также химической структуры биологически важных соединений.

4. Умения корректного выбора применения приборов биофотоники.

5. Навыки практического обоснования использования основных оптических методов для исследования биологических объектов.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Компоненты фотоники»

2. «Лазерные и оптико-электронные системы»

3. «Основы фотоники»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков</i>
СПК-4	Готов участвовать в разработке элементов, узлов и блоков приборов квантовой электроники и фотоники
<i>СПК-4.1</i>	<i>Знает принципы разработки элементов, узлов и блоков приборов квантовой электроники и фотоники</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Химическая структура биологически важных соединений	2	4		8
3	Люминесценция биологических объектов	2	4		12
4	Оптические методы исследования биологических объектов	2	6		14
5	Оптика крови	2	4		14
6	Лазерные технологии в медицине	2	4		16
7	Оптические методы диагностики состояния растений	2	6		15
8	Оптические системы мониторинга процесса гемодиализа	2	4	1	16
9	Заключение	1			
	Итого, ач	16	32	1	95
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Исторический очерк развития биофотоники. Взаимодействие оптического излучения с биотканями
2	Химическая структура биологически важных соединений	Электронное строение молекул биологических объектов. Спектры пропускания и поглощения. Закон Бугера–Ламберта–Бера. Рассеяние света в биологических объектах.
3	Люминесценция биологических объектов	Виды люминесценции и их краткая характеристика. Электронные переходы в молекулах. Основные законы люминесценции. Биологически важные люминесцирующие природные и искусственные молекулы и системы. Процессы, изучаемые с помощью флуоресценции.
4	Оптические методы исследования биологических объектов	Абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света, флуоресцентная спектроскопия, круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения, ИК- и Рамановская спектроскопия.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Оптика крови	Физические свойства клеток крови. Оптические свойства оксигемоглобина и дезоксигемоглобина. Оксиметрия. Поглощение и рассеяние света одиночным эритроцитом. Оптические свойства крови. Диагностические аспекты.
6	Лазерные технологии в медицине	Воздействие лазерного излучения на биоткани. Лазерная диагностика. Оптическая когерентная томография. Лазерная хирургия. Лазерная терапия, фотодинамическая терапия.
7	Оптические методы диагностики состояния растений	Оптические характеристики растительной ткани. Связь оптических характеристик с биохимическими процессами в растении. Методики измерения оптических характеристик.
8	Оптические системы мониторинга процесса гемодиализа	Исследование УФ-спектров экстинкции поликомпонентной биосреды. Методика разработки многоканальных компактных датчиков для количественного определения токсинов в отработанном диализате. Анализ кинетики выведения токсинов.
9	Заключение	Перспективы развития биофотоники

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Спектрофотометрия.	2
2. Флуоресцентная спектроскопия	2
3. Колебательная спектроскопия	2
4. Спектроскопия рассеяния и оптическая когерентная томография. Спектроскопия и томография на основе динамического рассеяния света.	2
5. Оптические микроскопы в биомедицинских исследованиях	2
6. Поляриметрия. Рефрактометрия	2
7. Лазеры в медицине	2
8. Медицинские эндоскопы	2
9. Биосенсоры	2
10. Оптические методы исследования глюкозы	2
11. Нанофотоника в биомедицине	2
12. Оптомеханический и оптоакустический эффекты	2
13. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	2
14. Масс-спектроскопия	2
15. Рентгеноструктурный анализ	2



<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
16. Хроматография.	2
Итого	32

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

В рамках практических занятий студентам необходимо подготовить один доклад по основным разделам курса. Доклад сопровождается презентацией, оформленной в соответствии с требованиями локальных нормативных актов СПбГ-ЭТУ "ЛЭТИ". В докладе необходимо отразить актуальность выбранной темы; особенности взаимодействия биотканей с оптическим излучением; основные физические законы, описывающие принцип действия оптических или оптико-электронных приборов и устройств; технические величины и характеристики, перспективы использования оптико-электронных приборов и устройств. При подготовке доклада необходимо использовать не менее семи источников литературы, из которых не менее пяти составляют научно-технические статьи, дата публикации которых не превышает трех лет. Продолжительность доклада 15-20 минут. Основной список тем предоставляется преподавателем. Студент может согласовать с преподавателем тему доклада по своим научным интересам.

Примеры тем докладов:

1. Биосенсоры.
2. Системы визуализации биомедицинских изображений.
3. Оптические методы диагностики состояния растений.
4. Оптические методы исследования глюкозы.
5. Медицинские эндоскопы.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	17
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	20
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	28
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>95</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Основы оптико-электронных измерений в фотонике [Текст] : учеб. пособие [для вузов по направлениям 551900 "Оптехника", 510400 "Физика" и специальностям 190700 "Оптико-электронные приборы и системы", 180600 "Светотехника и источники света"] / [В.С. Иванов [и др.]], 2004. - 496 с.	15
2	Корневский, Николай Алексеевич. Приборы, аппараты, системы и комплексы медицинского назначения. Техническое обеспечение здравоохранения, электрофизиологическая техника [Текст] : учеб. по направлению подгот. "Фотоника, приборостроение, опт. и биотехн. системы и технологии", "Биотехн. системы и технологии" / Н. А. Корневский, З. М. Юлдашев, 2019. -265 с.	50
3	Степанова, Оксана Сергеевна. Основы биофотоники [Текст] : учеб. пособие / О. С. Степанова, 2021. -59 с.	25
Дополнительная литература		
1	Голубь, Борис Иванович. Основы обеспечения единства оптико-физических измерений [Текст] : [справ. пособие] / Б.И. Голубь, А.Ф. Котюк, А.Ю. Кузин, 2006. -151 с.	10
2	Ларкин, Александр Иванович. Когерентная фотоника [Текст] : учеб. / А.И. Ларкин, Ф.Т.С. Юу, 2007. -317 с.	25

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Группа фотоники и нелинейной спектроскопии МГУ им. М. В. Ломоносова <a href="http://photonicslab.phys.msu.ru/biophotonics/">http://photonicslab.phys.msu.ru/biophotonics/</a>
2	Учебно-методические пособия кафедры оптики и биофотоники СГУ <a href="https://www.sgu.ru/structure/physicsinstitute/kafopt/uchebno-metodicheskie-posobiya">https://www.sgu.ru/structure/physicsinstitute/kafopt/uchebno-metodicheskie-posobiya</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11056>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Биофотоника» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

## Особенности допуска

Допуск получают студенты, выполнившие 2 контрольные работы, подготовившие и представившие 1 доклад с оценками не ниже удовлетворительной.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Перечислите возможности использования электромагнитного излучения в современной медицине.
2	Какие достоинства отличают методы и технологии биофотоники?
3	Какие диапазоны длин волн электромагнитной шкалы излучения наиболее специфичны по отношению к биологическим системам?
4	Какие механизмы взаимодействия электромагнитного излучения с биологической средой преобладают?
5	От чего зависят отражение, поглощение и рассеяние излучения биотканью?
6	Дайте определение понятия «терапевтическое окно прозрачности».
7	Поясните эмпирические законы люминесценции.
8	Дайте определения понятиям «аутофлуоресценция» и «вторичная люминесценция».
9	Поясните метод измерения оптических параметров биоткани с помощью интегрирующей сферы.
10	Приведите примеры использования различных типов спектроскопии в биомедицинской сфере.
11	Назовите основные процессы в биоткани в зависимости от энергии воздействия лазерного излучения.
12	Поясните принцип получения оптической когерентной томограммы.
13	Назовите преимущества и ограничения использования терагерцовых технологий.
14	Поясните принципы оптического метода определения сатурации крови.
15	В каком спектральном диапазоне поглощают излучение фоторецепторы растений?
16	За счет фотонов какой части спектрального диапазона реализуется процесс фотосинтеза при искусственном освещении?
17	Каким образом добиваются смещения пика поглощения золотых наночастиц в область терапевтического окна прозрачности?
18	Как расположены источник и приемник излучения относительно друг друга в оптической схеме оборудования для люминесцентного анализа? Объяснить почему.
19	В каком спектральном диапазоне расположены длины волн излучения лазеров, применяемых в хирургии? Объяснить почему.
20	Приведите примеры проведения исследований "in vivo", "in vitro".
21	Перечислите методы управления оптическими свойствами тканей.

22	Как можно добиться повышения чувствительности спектроскопии комбинационного рассеяния?
23	Приведите примеры использования методов и технологий биофотоники в экологии.
24	Приведите примеры использования методов и технологий биофотоники в пищевой промышленности.

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Контрольная работа №1. Вариант 1.

1. Взаимодействие оптического излучения с биотканями.
2. Поток монохроматического излучения, прошедшего слой раствора вещества толщиной 5 мм, уменьшился в 2.7 раз. Определить концентрацию молекул поглотителя  $C$ , если молекулярный показатель экстинкции равен 200 л/моль·см. Отражением на границах слоя можно пренебречь.

### Контрольная работа №1. Вариант 4.

1. Люминесценция биологических объектов: виды люминесценции и их краткая характеристика. Примеры использования в клинической диагностике.
2. Во сколько раз изменится поток рассеяния от частиц раствора, если концентрация рассеивающих частиц увеличится в 2 раза?

### Контрольная работа №1. Вариант 7.

1. Оптические свойства крови. Оптические методы исследования параметров крови.
2. Как изменится выход люминесценции если концентрация люминесцирующего вещества уменьшится в 2 раза?

### Контрольная работа №2. Вариант 2.

1. Лазерные технологии в медицине: диагностика.
2. Через слой оптически активного вещества пропускают плоскополяризованное излучение. Как изменится угол поворота, если толщину слоя раствора увеличить в 2 раза?

### **Контрольная работа №2. Вариант 5.**

1. Оптоакустический эффект.
2. Каким образом добиваются смещения пика поглощения золотых наночастиц в область терапевтического окна прозрачности?

### **Контрольная работа №2. Вариант 6.**

1. Системы визуализации биомедицинских изображений.
2. Через слой оптически активного вещества пропускают плоскополяризованное излучение. Как изменится угол поворота, если толщину слоя раствора увеличить в 4 раза?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3



### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	Оптические методы исследования биологических объектов	Контрольная работа
12	Лазерные технологии в медицине	Доклад / Презентация
16	Оптические системы мониторинга процесса гемодиализа	Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий).

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий).

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

#### самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

Совокупность оценок, полученных студентом в результате контрольных мероприятий, учитывается преподавателем при проведении дифференциального зачета (66,7% - оценка за контрольные работы, 33,3% - оценка за доклад).

Критерии оценивания контрольных работ:

«отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно;

«хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично;

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный.

Критерии оценивания доклада:

«отлично» - тема доклада раскрыта полностью, на высоком научно-техническом уровне; студент свободно владеет материалом; список используемых источников включает актуальные публикации.

«хорошо» - тема доклада раскрыта не полностью, на хорошем научно-техническом уровне; студент хорошо владеет материалом; список используемых источников включает публикации за последнее пятилетие.

«удовлетворительно» - в докладе присутствуют существенные ошибки; студент владеет материалом частично; список используемых источников не содержит актуальные публикации.

«неудовлетворительно» - содержание доклада не совпадает с поставленной темой, студент не может представить доклад без зачитывания текста, список источников отсутствует.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>