

## Рабочая программа дисциплины

### 1. Прикладная спектроскопия в экологических и биомедицинских исследованиях

#### 2. Лектор.

**2.1.** Кандидат физ.-мат. наук, старший преподаватель Пацаева Светлана Викторовна, кафедра общей физики, spatsaeva@mail.ru, +7 (495) 939-36-90.

#### 3. Аннотация дисциплины.

Цель спецкурса – показать принципиально новые возможности, которые дает оптическая спектроскопия для экологических исследований, биологии и медицины. Курс открывается обширным введением, характеризующим экологию как комплексную научную дисциплину и показывающим на конкретных примерах преимущества спектральных методов исследования.

В лекционной части дисциплины последовательно излагаются базовые знания о теории и практике оптической спектроскопии. В основных разделах курса рассматриваются физические основы и методика применения люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, спектроскопии отражения. Студенты знакомятся с принципом работы лазерных систем дистанционного зондирования (лидаров) и возможностями их использования для диагностики атмосферы и океана, примерами применения спектральных методов в экологии, биологии и медицине. На семинарских занятиях разбираются типичные задачи, встречающиеся в прикладной спектроскопии, демонстрируются навыки работы со спектральным оборудованием.

Особенностью лекционной части дисциплины является широкое использование современных образовательных технологий. Лекционная часть дисциплины имеет электронную версию презентаций лекций, электронное издание конспектов лекций; к курсу прилагаются списки задач для самостоятельного решения и описание задач специального практикума. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования в режиме постоянного диалога студент – преподаватель.

#### 4. Цели освоения дисциплины.

Курс является экспериментально-теоретическим базисом, позволяющим студентам ориентироваться в многообразии современных спектральных методов исследования, применяемых в экологических и биомедицинских исследованиях.

#### 5. Задачи дисциплины.

Получение базовых теоретических и практических знаний в области прикладной спектроскопии: изучение физических основ современных методов оптической спектроскопии, принципов работы со спектрометрами различного типа, методов получения и обработки спектроскопической информации.

#### 7. Компетенции.

##### 7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2, М-СК-1, М-СК-2, М-ПК-1.

##### 7.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-СК-2, М-ПК-3, М-СПК-2, М-СПК-3, М-СПК-4, М-СПК-12.

#### 8. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать* физические основы современных методов оптической спектроскопии, принципы построения спектрометров различного типа и систем дистанционного зондирования (лидаров);

*уметь* использовать современные методы обработки спектроскопической информации и интерпретировать результаты, полученные этими методами.;

*владеть* навыками экспериментальной работы в спектральной лаборатории, техникой спектральных измерений на современных приборах.

### **9. Содержание и структура дисциплины.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа, из них аудиторных занятий – 34 часов).

<b>Вид работы</b>	<b>Семестр 2</b>	<b>Всего</b>
<b>Общая трудоёмкость, акад. часов</b>	72	72
<b>Аудиторная работа:</b>	34	34
Лекции, акад. часов	17	17
Семинары, акад. часов	17	17
Лабораторные работы, акад. часов	0	0
<b>Самостоятельная работа, акад. часов</b>	38	38
<b>Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)</b>	Зачет	Зачет

N раз- дела	Наименование раздела	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий			Форма текущего контроля	
		Аудиторная работа		Самостоятельная работа		
		Лекции	Семинары			Лабораторные работы
1	Основные понятия оптической спектроскопии.	1. 2 часа Вводная лекция: Экология как комплексная научная дисциплина. Основные понятия оптической спектроскопии. Характеристика спектральных методов исследования. Примеры применения спектральных методов в экологических исследованиях, биологии, медицине.	1. 2 часа Основные характеристики спектральных приборов.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	Контрольная работа
2	Основы абсорбционной спектроскопии и спектроскопии отражения	1. 1 час Основы абсорбционной спектроскопии. Источники ошибок при измерении спектров поглощения. Примеры применения спектров поглощения. Спектры поглощения растительных пигментов. Хлорофилл - важнейший пигмент растений.	1. 1 час Измерение спектров пропускания и спектров поглощения растворов красителей.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	Контрольная работа
		2. 2 часа Спектроскопия отражения: взаимодействие света с поверхностью; техника измерения спектров диффузного рассеяния. Примеры применения спектроскопии отражения.	2. 2 часа Электронные спектры поглощения света растительными пигментами.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	
3	Основы флуоресцентной спектроскопии	1. 2 часа Основы флуоресцентной спектроскопии. Измерение и представление спектров люминесценции (спектры возбуждения и испускания люминесценции, полные спектры люминесценции). Измерение квантового выхода флуоресценции. Корректировка спектральной чувствительности флуориметра. Поляризованная флуоресценция.	1. 2 часа Проверка правила зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции у растворов красителей.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	Контрольная работа
		2. 2 часа Флуоресценция белков и живых клеток микроорганизмов – водоросли, бактерии, микромицеты (микроскопические грибы). Применение флуоресцентной спектроскопии для изучения фотосинтезирующих организмов.	2. 2 часа Измерение спектров возбуждения и испускания люминесценции биологических молекул.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	
		3. 2 часа Флуоресцентная диагностика природной	3. 2 часа Измерение спектров		2 часа Работа с лекционным материалом.	

		воды: растворенное и коллоидное органическое вещество, сложные биомолекулы. Спектроскопия нефтяных загрязнений воды и почвы.	флуоресценции растворенного органического вещества природной воды.		2 часа Подготовка к семинару	
4		1. 2 часа Физические основы спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) света. Применение КР-спектроскопии в океанографических исследованиях, биологии и медицине.	1. 2 часа Измерение спектров комбинационного рассеяния света в жидкостях.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	Контрольная работа
5		1. 2 часа Особенности лазерного возбуждения спектров флуоресценции. Общий обзор принципиально новых методов спектроскопии, связанных с применением лазеров. Нелинейная лазерная флуоресцентная спектроскопия (спектроскопия насыщения флуоресценции).	1. 2 часа Измерение квантового выхода люминесценции соединений методом эталонного красителя.		2 часа Работа с лекционным материалом. 2 часа Подготовка к семинару	Контрольная работа
6		1. 2 часа Основы дистанционного лазерного зондирования. Лазерные системы дистанционного зондирования (лидары) - основные схемы. Применение лидаров для экологического мониторинга. Дистанционное зондирование атмосферы и океана.	1. 2 часа Применение флуоресцентной спектроскопии для изучения фотосинтезирующих организмов.		2 часа Работа с лекционным материалом. 4 часа Подготовка к зачету	Контрольная работа

## **10. Место дисциплины в структуре ООП ВПО**

Обязательная дисциплина

Дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Электродинамика», «Оптика», «Введение в квантовую физику» из модуля «Общая физика» профессионального блока базовой части ООП ВПО.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Научно-исследовательская работа из блока «Научно-исследовательская работа» и выпускная квалификационная работа по направлению «Физика» из блока «Итоговая государственная аттестация».

## **11. Образовательные технологии**

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

- лекция,
- дискуссии,
- консультации,
- мультимедийное и проекционное оборудование;
- средства дистанционного сопровождения учебного процесса (сайт лектора с оригинальными методическими материалами).

## **12. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Текущая аттестация проводится на каждом занятии. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях и семинарских занятиях, их участие в дискуссии, восприятие излагаемого материала.

Полный список вопросов к зачету:

- 1.Что изучает экология? Привести примеры экологической проблемы и экологической катастрофы. Основные спектральные диапазоны электромагнитного излучения. Преимущества спектральных методов исследования.
- 2.Основы абсорбционной спектроскопии (закон Бугера-Ламберта-Бера и причины его нарушения, представление спектров поглощения, единицы измерения – пропускание, поглощение, оптическая плотность, экстинкция).
- 3.Основные элементы оптической схемы спектрофотометра. Монохроматор с дифракционной решеткой. Спектральная разрешающая способность, линейная дисперсия.
- 4.Основы флуоресцентной спектроскопии. Представление спектров люминесценции (спектры возбуждения и испускания люминесценции, единицы измерения). Связь между спектром возбуждения люминесценции и спектром поглощения.
- 5.Основные элементы оптической схемы флуориметра. Квантовый и энергетический выходы флуоресценции. Измерение квантового выхода люминесценции методом эталонного красителя.
- 6.Особенности лазерного возбуждения спектров флуоресценции. Нелинейная флуориметрия (коэффициенты Эйнштейна, кинетические уравнения, зависимость интенсивности флуоресценции от мощности возбуждающего излучения).

7. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Стоксова и антистоксова компоненты. Расчет положений линий КР. Схема КР-спектрометра.

8. Рассеяние Рэля. Рассеяние Ми. Зависимость интенсивности рассеяния от частоты и индикатриса рассеяния. Метод динамического светорассеяния.

9. Основы дистанционного лазерного зондирования, лидарные системы и их применение для экологического мониторинга (привести примеры зондирования атмосферы и океана с указанием типа измеряемых спектров).

10. Спектроскопия отражения (взаимодействие света с поверхностью: преломление, зеркальное отражение, диффузное рассеяние). Связь спектров отражения со спектрами поглощения. Основные пигменты растений и их полосы поглощения.

11. Примеры использования в экологических и биомедицинских исследованиях

- спектров поглощения;
- спектров люминесценции;
- спектров отражения;
- спектров комбинационного рассеяния.

### **13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### *Основная*

1. Lakowicz, J.R. Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd edition. Springer. 2006, – 954 p. (имеется русский перевод более раннего издания: Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии (пер. с англ. под ред. М.Г. Кузьмина). М: Мир, 1986. – 496 с.
2. Valeur, B. Molecular Fluorescence: Principles and Applications. Wiley-VCH Verlag GmbH. 2001. – 381 p.
3. Демтрёдер В. Лазерная спектроскопия. Основные принципы и техника эксперимента. М.: Наука, 1985. – 607с.
4. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов М: Техносфера, 2007. – 368 с.
5. Лёвшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и её измерения./ М: Изд-во Моск. Ун-та, 1989. – 272 с.
6. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование (пер. с англ. под ред. А.Б. Карасёва). М.: Мир, 1987. – 550 с.
7. Аналитическая лазерная спектроскопия/ Под ред. Н. Оменетто (пер. с англ. под ред. Ю.Я. Кузякова). М: Мир, 1982. – 606 с.
8. Пацаева С.В., Южаков В.И. Электронные спектры сложных молекул. Спецпрактикум кафедры общей физики. Часть I: Теория. М: МГУ, 2010. Часть II: Экспериментальные задания. М: МГУ: 2015 (электронные издания).

Основы курса построены также на оригинальных научных статьях (более 40, список пополняется ежегодно). Некоторые публикации:

1. Kharcheva A.V., Meschankin A.V., Lyalin I.I, et al., The study of coastal meromictic water basins in the Kandalaksha Gulf of the White Sea by spectral and physicochemical methods, Proceedings of SPIE Vol. 9031, 90310T (2014).
2. Kharcheva A.V. Fluorescence intensities ratio F685/F740 for maple leaves during seasonal color changes and with fungal infection, Proceedings of SPIE Vol. 9031, 90310S (2014).

3. Khundzhua D., Patsaeva S., Terekhova V., Yuzhakov V. Spectral characterization of fungal metabolites in aqueous medium with humus substances. *Journal of Spectroscopy*, vol. 2013, Article ID 538608, pp. 1–7 (2013).
4. Гостева О., Изосимов А., Пацаева С., Южаков В., Якименко О. Флуоресценция водных растворов промышленных гуминовых препаратов. *Журнал прикладной спектроскопии*, т. 78, №. 6, с. 943–950 (2011).
5. Милюков А.С., Пацаева С.В., Южаков В.И. Ростовцева Е.Л. Спектроскопическое исследование культуры пурпурных серных бактерий *Chromatium* sp. в водной среде. *Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия.* № 3. С. 46-49 (2007).
6. Sighicelli M., Colao F., Lai A., Patsaeva S. Monitoring post-harvest orange fruit disease by fluorescence and reflectance hyperspectral imaging. *Acta Horticulturae (ISHS)* 817:277-284 (2009).
7. Dolenko T.A., Burikov S.A., Patsaeva S.V., Yuzhakov V.I. Manifestation of hydrogen bonds of aqueous ethanol solutions in the Raman scattering spectra. *Quantum Electronics*, vol. 41, no. 3, pp. 267–272 (2011).

*Программное*

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/sci/spectroscopy/kurs.html>

*обеспечение и ресурсы  
в интернете*

<http://www.earsel.org/SIG/ET/topics.php>

<http://www.seos-project.eu/home.html>

<http://science.nasa.gov/>

<http://www.esa.int/esaEO/index.html>

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

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории им. А.Н. Матвеева (комн. 4-30 физического факультета). Лекционная аудитория обеспечена проекционным оборудованием и компьютером.

Практические занятия проводятся в лаборатории молекулярной спектроскопии и люминесценции (комн. 1-82 физического факультета). В лаборатории имеются спектрофотометр Unicо 2804, спектрофлуориметр Solar CM2203, химический стол, аналитические весы, компьютеры.