

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



_____ (Овчинников О.В.)

14.06.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Люминесценция: материалы и сенсорика

- 1. Код и наименование направления подготовки / специальности:**
12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
- 2. Профиль подготовки / специализация:** Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** высшее образование (магистр)
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
кафедра оптики и спектроскопии
- 6. Составители программы:** Смирнов Михаил Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, Кондратенко Тамара Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент
- 7. Рекомендована:** НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

отметки о продлении

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний об основных закономерностях молекулярной люминесценции, люминесценции кристаллов и квантоворазмерных структур; а также представлений методах люминесцентного анализа и возможностях его применения для приложений сенсорики.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать представление о процессах и механизмах люминесценции в различных материалах;
- сформировать умение пользоваться методами люминесцентного анализа;
- овладеть навыками применения люминесцентных методов в области сенсорики.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники и оптоинформатики	ПК-2.1	Ставит задачи и определяет набор параметров, с учетом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений и особенностей работы устройств фотоники и оптоинформатики	знать: фундаментальные законы люминесценции молекул, кристаллов и квантоворазмерных объектов уметь: применять теоретические знания для постановки задач исследовательской деятельности владеть: навыками интерпретации результатов исследований
ПК-3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	ПК-3.1	Проводит научные исследования в области фотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	знать: технические возможности существующего оборудования, необходимого для исследований материалов фотоники уметь: формулировать техническое задание на проведение исследований материалов для устройств фотоники владеть: методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой

ПК-4	Способен разрабатывать новые технологии создания оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	ПК-4.1	Производит согласование возможности и порядка использования лабораторного оборудования для исследовательских и экспериментальных работ по анализу материалов и апробированию технологических процессов	<p>знать: принципы работы, возможности и назначение специализированного оборудования и приборов для фотонных и оптических исследований</p> <p>уметь: подбирать комплектующие и оборудование исходя из поставленной задачи и доступных ресурсов</p> <p>владеть: современными методиками люминесцентного анализа</p>
		ПК-4.2	Формулирует техническое задание на проведение исследований материалов для устройств фотоники и оптоинформатики для экспериментальной проверки технологических процессов	
		ПК-4.3	Производит экспертную оценку результатов исследовательских работ и принимает решение о выборе оптимального варианта технологического процесса	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3 / 108

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой

13 Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
Аудиторные занятия		64	64
в том числе:	лекции	32	32
	практические	-	-
	лабораторные	32	32
Самостоятельная работа		44	44
Форма промежуточной аттестации		<i>зачет с оценкой</i>	
Итого:		108	108

13.1 Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.	Введение.	Определение понятия «люминесценция». Физическая природа люминесценции. Спектральная плотность излучения. Спектры люминесценции. Аппаратура для регистрации спектров люминесценции.	
2.	Основные законы молекулярной люминесценции	Электронная, колебательная и вращательная энергия молекул. Представление о мультиплетности, диаграмма Яблонского. Потенциал Морзе для двухатомной молекулы, неадиабатичность. Принцип Франка-Кондона. Законы молекулярной люминесценции. Люминесценция молекул с большим стоксовым сдвигом.	
3	Кинетика молекулярной люминесценции	Кинетика мономолекулярной люминесценции. Кинетика бимолекулярной люминесценции.	
4	Теория переноса энергии	Тушение молекулярной люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Эффект Фано. Уравнение Штерна-Фольмера.	
5	Люминесценция кристаллов	Особенности люминесценции кристаллов. Дефекты в кристаллах. Механизмы люминесценции кристаллов. Рекомбинация	
6	Люминесценция квантовых точек	Механизмы люминесценции квантовых точек. Природа стокова сдвига. Связь со структурой зоны Бриллюэна массивного полупроводника.	
7	Оптические сенсоры	Принцип работы оптического сенсора и его характеристики: рабочий диапазон, время отклика, чувствительность, селективность, предел обнаружения, линейный диапазон. Нанотехнологии и наноматериалы для сенсорики. Фосфоресценция синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода	
2. Лабораторный практикум			
8	Законы молекулярной люминесценции	Проверка закона независимости спектра люминесценции от длины волны возбуждения, проверка правила зеркальной симметрии Лёвшина. Определение 0-0 перехода красителя метиленового голубого	
9	Определение константы статического тушения люминесценции.	Изучение механизмов тушения молекулярной люминесценции. Проверка выполнения уравнения Штерна-Фольмера. Определение константы статического тушения люминесценции красителя 1 в присутствии красителя 2.	
10	Фотосенсибилизация образования синглетного	Изучение фосфоресценции синглетного кислорода. Знакомство с сенсорами активных форм кислорода.	

кислорода. Сенсоры активных форм кислорода		
--	--	--

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практи- ческие	Лабора- торные	Самосто- ятельная работа	Кон- троль	Все го
1.	Введение.	2			6		10
2.	Основные законы молекулярной люминесценции	4			4		8
3.	Кинетика молекулярной люминесценции	4			4		8
4.	Теория переноса энергии	6			4		10
5.	Люминесценция кристаллов	4			4		8
6.	Люминесценция квантовых точек	4			4		12
7.	Оптические сенсоры	8			6		8
8.	Законы молекулярной люминесценции			12	4		16
9.	Определение константы статического тушения люминесценции.			10	4		14
10.	Фотосенсибилизация образования синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода			10	4		14
	<i>Итого</i>	32	0	32	44		108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Практические занятия. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; изучить методическую литературу по теме практического занятия, разобрать примеры решения практических задач; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий

для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сидоров, А. И. Сенсорная фотоника : учебное пособие : [16+] / А. И. Сидоров ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 99 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566783
2	Пустоваров, В. А. Люминесценция твердых тел : учебное пособие / В. А. Пустоваров ; науч. ред. И. И. Мильман ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. – 131 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=696088 .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	<i>Люминесцентный анализ / под ред. М.А. Константиновой-Шлезингер // М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 400 с.</i>
4	<i>Киреев, П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев // М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.</i>
5	<i>Шалимова, К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова // СПб.: Лань, 2010. – 390 с.</i>
6	<i>Лакович, Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии / Дж. Лакович // М.: Мир, 1986. – 496 с.</i>
7	<i>Паркер, С. Фотолюминесценция растворов / С. Паркер // М.: Мир, 1972. – 512 с.</i>
8	<i>Гришаева, Т.И. Методы люминесцентного анализа / СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 226 с.</i>
9	<i>Панков, Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков ; пер. с англ. под ред. Ж.И. Алферова и В.С. Вавилова. — Москва. : Мир, 1973. — 456 с.</i>
10	<i>Галанин, М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д. Галанин // Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия". – Москва. 1999. – 199 с.</i>
11	<i>Газенаур, Е. Г. Методы исследования материалов : учебное пособие : [16+] / Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, В. И. Крашенинин. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. – 336 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447</i>
12	<i>Степанов, Б. И. Введение в теорию люминесценции / Б. И. Степанов. – Минск : Издательство Академии наук БССР, 1963. – 446 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474164</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
13	Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/
14	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/
15	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
16	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/
17	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
18	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Овчинников О.В., Смирнов М.С. Основы фотоники полупроводниковых коллоидных квантовых точек: учебное пособие / О.В. Овчинников, М.С. Смирнов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Воронежский государственный университет, кафедра оптики и спектроскопии. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. 133 с.
2	Амосова, Л. П. Введение в физику оптоэлектронных и фотонных устройств для информационных систем: учебное пособие: / Л. П. Амосова // Университет ИТМО. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. – 127 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566765

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.
3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура практического занятия:

1. Формулировка темы и теоретическое изучение материала лабораторной работы.
2. Проверка готовности студентов к занятию - их теоретическая готовность к выполнению работы.
3. Основная часть занятия, где студенты выполняют лабораторную работу, а контроль их исполнения (полнота и качество) и помощь осуществляет преподаватель.
4. Заключительная часть - подведение преподавателем итогов занятия, получение студентами заданий на самостоятельную работу.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 1, пом. 141

Лаборатория люминесцентной спектроскопии (ауд. 132): специализированная мебель, спектрофлуориметр на базе монохроматоров МДР-41, МДР-4 и ФЭУР955Р, работающего в режиме счета фотонов; волоконно-оптический спектральный комплекс OceanOptics на базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT, и набором зондов для измерения диффузного ISP-80-8-R и зеркального отражения RSS-VA и люминесценции R400-7-SR, пропускания и люминесценции жидких и твёрдых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV; установка для производства воды аналитического качества УПВА-5; вакуумные двухступенчатые насос VE-2100N (Value); вакуумный насос VE-215 (Value); весы OHAUS PX224/E аналитические; спектрометр волоконно-оптический VISION2GO NIR спектрометр 950-1630 нм (Р-Аэро). блоки питания лабораторные HY3005 (Mastech), блоки питания лабораторные HY3020 (Mastech), лазерный модуль/блок пит., поворотн. креплен.; лазерный модуль LM-650180 (блок пит., креп. поворотн.); вытяжной шкаф; центрифуги лабораторные; рН-метр 150МИ; оптический стол; Набор цветных стекол; Лабораторный стенд: «Люминесценция»; Лазер ЛГИ-21; Осциллограф цифровой Rigol; Осциллограф АКПП-4122/12; Ультразвуковая ванна ПСБ-1322-05; Ультразвуковая ванна ПСБ-1360-05. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount, ANSYSHF AcademicResearch, Пакет ПО для управления спектрофотометром USB 2000+ (OceanOptics), для анализа и обработки данных, Пакет ПО для управления спектрометрическим комплексом на базе монохроматора МДР-41 (ОКБ Спектр) 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 1, пом. 28

Учебная аудитория (ауд. 133): специализированная мебель, компьютер, мультимедиа-проектор, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ» 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 1, пом. 136

19. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
2.	Основные законы молекулярной люминесценции	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ПК-4.2 ПК-4.3	
3.	Кинетика молекулярной люминесценции	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
4.	Теория переноса энергии	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
5.	Люминесценция кристаллов	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
6.	Люминесценция квантовых точек	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
7.	Оптические сенсоры	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (лабораторная работа)
8.	Законы молекулярной люминесценции	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (лабораторная работа)
9.	Определение константы статического тушения люминесценции.	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (лабораторная работа)
10.	Фотосенсибилизация образования синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода	ПК-2 ПК-3 ПК-4	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (лабораторная работа)
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Комплект КИМ (Тест + список вопросов, требующих развернутого ответа)

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). Критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация

проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя тесты и теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, а также практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

Для оценивания результатов обучения на зачете учитываются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами волновых явлений;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными современных научных исследований в оптике;
- 4) умение применять основные законы и анализировать результаты наблюдений и экспериментов
- 5) владение понятийным аппаратом и умение применять теоретические знания для решения практических задач .

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Посещаемость лекционных занятий. Проверка преподавателем конспектов по пройденному материалу. Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины.

2. Выполнение лабораторных работ (выполнение и оформление лабораторной работы). Контрольная работа (практические задания, устный опрос по контрольным вопросам к лабораторной работе).

Домашние (самостоятельные) задания формулируются преподавателем по окончании занятия для закрепления обучающимся пройденного материала (содержит перечень задач для выполнения / вопросов) или подготовке к последующим занятиям. На дальнейшем соответствующем занятии преподаватель осуществляет полную/выборочную проверку выполнения обучающимися домашних (самостоятельных) заданий. Полная проверка проводится в форме тестирования с ограничением по времени. Выборочная проверка осуществляется по средствам устного опроса выборочного количества студентов. В случае невыполнения обучающимся домашнего (самостоятельного) задания преподаватель не оценивает работу обучающего на текущем занятии выше 2 баллов (положительная оценка (3/4/5) может быть выставлена по результатам выполнения индивидуального задания). Типовые задания теста и вопросы для проведения опроса представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

Контрольная работы включает в себя выполнение и представление практического задания. Ее выполнение оценивается в два этапа:

- 1) выполнение и оформление лабораторной работы;
- 2) защита лабораторной работы (обсуждение практических заданий и полученных результатов, устный опрос по контрольным вопросам к практической работе).

Критерии оценивания контрольная работы (практических заданий):

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Все пункты лабораторной работы выполнены верно, оформлены в соответствии с требованиями, указанными преподавателем, сделаны выводы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области современной физики.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Все пункты лабораторной работы выполнены верно, оформлены с незначительными нарушениями требований, указанных преподавателем, сделаны выводы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Пункты лабораторной работы выполнены частично верно, оформлены с нарушением требований, указанных преподавателем, сделаны выводы. Имеет не полное представление о теоретических основах, допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Пункты лабораторной работы не выполнены или выполнены неверно, оформлены с нарушением требований, указанных преподавателем, выводы не сделаны или не полные по содержанию. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2. Промежуточная аттестация

Для оценивания результатов обучения на зачёте используются следующие показатели:

1. знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
2. умение связывать теорию с практикой;
3. умение описывать основные характеристики, методики контроля и параметры фотоприёмников;
4. владение знаниями о технологическом процессе проектирования устройств фотоники, включая основные термины и определения жизненного цикла изделия, представления о разработке технологического маршрута и операционной карты;
5. умение читать чертежи и анализировать технические условия, составлять маршрутные и операционные карты технологического процесса конструирования изделия фотоники, используя соответствующую конструкторскую документацию и навыки работы с ГОСТами.

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в 2 последовательных этапа:

- 1) тест и расчетные практические задачи;
- 2) устный опрос, с применением контрольно-измерительных материалов в форме билетов, содержащих по два вопроса к зачету из следующего перечня:
 1. Определение понятия «люминесценция». Физическая природа люминесценции.
 2. Спектральная плотность излучения. Спектры люминесценции.
 3. Аппаратура для регистрации спектров люминесценции.
 4. Электронная, колебательная и вращательная энергия молекул. Представление о мультиплетности, диаграмма Яблонского.
 5. Потенциал Морзе для двухатомной молекулы, неадиабатичность.

6. Принцип Франка-Кондона.
7. Законы молекулярной люминесценции.
8. Люминесценция молекул с большим стоксовым сдвигом.
9. Кинетика мономолекулярной люминесценции. Кинетика бимолекулярной люминесценции.
10. Тушение молекулярной люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения.
11. Эффект Фано.
12. Уравнение Штерна-Фольмера.
13. Особенности люминесценции кристаллов.
14. Дефекты в кристаллах. Механизмы люминесценции кристаллов. Рекомбинация.
15. Механизмы люминесценции квантовых точек.
16. Природа стоксова сдвига. Связь со структурой зоны Бриллюэна массивного полупроводника.
17. Принцип работы оптического сенсора и его характеристики: рабочий диапазон, время отклика, чувствительность, селективность, предел обнаружения, линейный диапазон.
18. Нанотехнологии и наноматериалы для сенсорики.
19. Фосфоресценция синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода
20. Сенсоры активных форм кислорода.

Верно выполнив тест, обучающийся получает КИМ, готовит ответы на вопросы КИМа и отвечает преподавателю.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных и практических занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области современной физики.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах, допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует выше перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

Приложение 1
Типовые тестовые задания

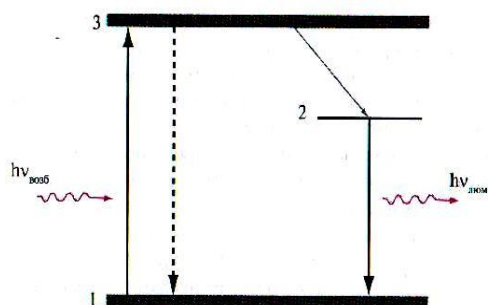
1. Излучение, представляющее собой избыток над тепловым излучением тела при данной температуре, называется:

- а) ионизирующим излучением;
- б) люминесценцией;
- в) рентгеновским излучением;
- г) лазерным излучением.

2. Переход из возбужденного состояния молекулы в невозбужденное, сопровождающийся излучением энергии, имеющий самую большую длительность во времени называется:

- а) флуоресценция;
- б) колебательная релаксация;
- в) внутренняя конверсия;
- г) фосфоресценция.

3. На приведенной схеме квантовых переходов при элементарном процессе люминесценции переход $3 \rightarrow 2$ соответствует:



- а) безызлучательному переходу;
- б) резонансной люминесценции;
- в) спонтанной люминесценции;
- г) метастабильной люминесценции.

4. Энергия фотона пропорциональна:

- а) частоте;
- б) длине волны;
- в) скорости фотона.

5. Закон С.И. Вавилова гласит, что

а) форма спектра люминесценции не зависит от длины волны возбуждающего излучения;

б) квантовый выход не зависит от длины волны возбуждающего света;

в) спектр люминесценции сдвинут по сравнению со спектром поглощения в длинноволновую область;

г) спектры поглощения и флуоресценции зеркально симметричны относительно прямой, перпендикулярной оси частот и проходящей через точку пересечения спектров.

6. Метод, использующий соотношение интенсивностей люминесценции двух полос в работе сенсора называется

а) логометрическим;

б) калориметрическим;

в) ратиометрическим;

г) полосовым.

7. При помощи какого стандартного сенсора возможно детектировать супероксид

А) Цитохром С;

Б) Люминол;

В) AmplexRed;

Г) Цитохром А.

8. Как от расстояния между донором и акцептором зависит эффективность индуктивного безызлучательного резонансного переноса энергии электронного возбуждения в случае диполь-дипольного взаимодействия?

а) $\sim R^4$;

б) $\sim R^{-6}$;

в) $\sim R^5$;

г) $\sim R^{-5}$;

д) $\sim R^6$;

е) $\sim R^{-4}$.

9. Закон Стокса-Ломмеля описывает:

а) независимость спектра флуоресценции от длины волны возбуждающего света;

б) смещение спектра флуоресценции в более длинноволновую область по сравнению со спектром поглощения; в) зеркальную симметрию спектров испускания и поглощения;

г) зависимость формы спектра флуоресценции от длины волны возбуждающего света.

10. Отличительной чертой рекомбинационной люминесценции является

а) маленькая полуширина спектра свечения;

б) ионизация центра свечения при возбуждении.

в) наличие метастабильного уровня.

Вопросы с развернутым ответом, задачи

1. Дайте определение понятия «люминесценция»?

2. Что представляет собой спектр люминесценции?

3. Какой длине волны соответствует энергия излучения 2.1 эВ?

4. Перечислите типы люминесценции по виду возбуждения, длительности свечения.

5. Решите задачу. Оптическая плотность вещества равна 0,06, а интенсивность люминесценции в 5 раз меньше интенсивности возбуждающего света. Найти квантовый выход люминесценции вещества.

6. Решите задачу. Оптическая плотность вещества равна 0.1, а интенсивность люминесценции в 3 раз меньше интенсивности возбуждающего света. Найти квантовый выход люминесценции вещества.

7. Как изменится интенсивность фотолюминесценции, если увеличить оптическую плотность образца от 0,1 до 1 при фиксированной длине волны возбуждающего света?

8. Что описывает закон Стокса-Ломмеля?

9. В чем заключается Эффект Фано?

10. Перечислите основные характеристики оптических сенсоров?

11. Опишите принцип работы сенсора Цитохром С для детектирования супероксида.