

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.03 Люминесценция

1. Код и наименование направления подготовки / специальности:

03.03.02 – Физика

2. Профиль подготовки / специализация: Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов

3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:
кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Смирнов Михаил Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

отметки о продлении

8. Учебный год: 2027/2028

Семестр(ы): 7

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 в спектральных технологиях.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать представление о процессах и механизмах люминесценции в различных материалах;
- сформировать умение пользоваться методами и аппаратурой для люминесцентного анализа;

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: обязательная часть Блока 1.

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 - 4	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов спектральными методами	ПК-4.1	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов, разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов	Знать: Методики экспериментальной проверки разработанных технологических процессов, разработки программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов Уметь: Организовать и осуществлять экспериментальные проверки разработанных технологических процессов, разрабатывать программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов Владеть: Подходами экспериментального контроля разработанных технологических процессов, к разработке программ проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов
		ПК-4.2	Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых	Знать: Перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов, подходы к уточнению и корректировке требований к параметрам

			материалов, уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники	разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники Уметь: Составлять перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов, уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники Владеть: Перечнем параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов, методиками уточнения и корректировки требований к параметрам разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники
		ПК-4.3	Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	Знать: способы согласования технических требований к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечень и объем документации Уметь: Согласовывать технические требования к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечень и объем документации Владеть: Приёмами согласования технических требований к параметрам разрабатываемых изделий, сроков выполнения этапов разработки, перечня и объема документации

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144

Форма промежуточной аттестации ЭКЗАМЕН

13 Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
Аудиторные занятия		72	72
в том числе:	лекции	36	36
	практические	36	36
	лабораторные	-	-

Самостоятельная работа	18	18
Групповая консультация	18	18
Форма промежуточной аттестации	экзамен	
Итого:	144	144

13.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
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 стоксова 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. Лабораторные работы		
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 кислорода. Сенсоры активных форм кислорода	Изучение фосфоресценции синглетного кислорода. Знакомство с сенсорами активных форм кислорода.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение.	4			2	4	
2.	Основные законы молекулярной люминесценции	6			2	4	

3.	<i>Кинетика молекулярной люминесценции</i>	6			2	4	
4.	<i>Теория переноса энергии</i>	6			2	4	
5.	<i>Люминесценция кристаллов</i>	6			2	4	
6.	<i>Люминесценция квантовых точек</i>	4			1	2	
7.	<i>Оптические сенсоры</i>	4			1	2	
8.	<i>Законы молекулярной люминесценции</i>			12	2	4	
9.	<i>Определение константы статического тушения люминесценции.</i>			12	2	4	
10.	<i>Фотосенсибилизация образования синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода</i>			12	2	4	
	<i>Итого</i>	36		36	18	36	

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) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; изучить методическую литературу по лабораторной работе, разобрать лабораторное задание; проверить свои знания, отвечая на контрольные вопросы; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю; выполнить практическую часть лабораторной работы.
- 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 OceanOpticsна 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 качестваУПВА-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 (P-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 АК ИП-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.	<i>Введение.</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
2.	<i>Основные законы молекулярной люминесценции</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
3.	<i>Кинетика молекулярной люминесценции</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
4.	<i>Теория переноса энергии</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
5.	<i>Люминесценция кристаллов</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
				Контрольная работа (практические задания)
6.	<i>Люминесценция квантовых точек</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (практические задания)
7.	<i>Оптические сенсоры</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (практические задания)
8.	<i>Законы молекулярной люминесценции</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (практические задания)
9.	<i>Определение константы статического тушения люминесценции.</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (практические задания)
10.	<i>Фотосенсибилизация образования синглетного кислорода. Сенсоры активных форм кислорода</i>	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины Контрольная работа (практические задания)
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Комплект КИМ (М (Тест + практические задания)

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 теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и 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 практических заданий (выполнение и оформление практической работы). Контрольная работа (практические задания, устный опрос по контрольным вопросам к практической 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 обучающегося 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 работа включает в себя выполнение и представление практического задания. Ее выполнение оценивается в два этапа:

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

Критерии оценивания контрольная работа (практических заданий):

<i>Критерии оценивания компетенций</i>	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Все пункты практической 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>	Повышенный уровень	Отлично
<i>Все пункты практической работы выполнены верно, оформлены с незначительными нарушениями требований, указанных преподавателем, сделаны выводы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	Базовый уровень	Хорошо
<i>Пункты практической работы выполнены частично верно, оформлены с нарушением требований, указанных преподавателем, сделаны выводы. Имеет не полное представление о теоретических основах, допускает существенные ошибки.</i>	Пороговый уровень	Удовлетворительно
<i>Пункты практической 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>	–	Неудовлетворительно

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;
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 стокова 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.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>

<p>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.</p>		
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</p>	<p>Базовый уровень</p>	<p>Хорошо</p>
<p>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.</p>	<p>Пороговый уровень</p>	<p>Удовлетворительно</p>
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует выше перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</p>	<p>–</p>	<p>Неудовлетворительно</p>

Приложение 1

Типовые тестовые задания

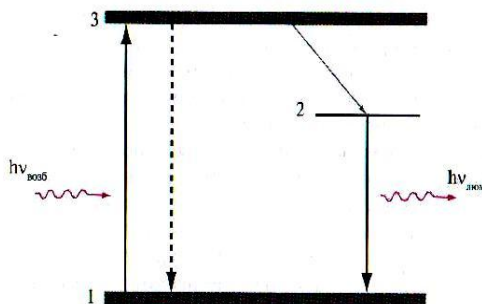
1. Излучение, представляющее собой избыток над тепловым излучением тела при данной температуре, называется:

- 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→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. Квантовым выходом фотолюминесценции называется:

- а) отношение числа поглощённых фотонов к числу спонтанно испущенных;
- б) отношение числа спонтанно испущенных фотонов к числу поглощённых;
- в) отношение числа вынужденно испущенных фотонов к числу спонтанно испущенных;
- г) произведение числа спонтанно и вынужденно испущенных фотонов

7. Энергетическим выходом фотолюминесценции называется:

- а) отношение энергии поглощённого фотона к энергии спонтанно испущенного;
- б) отношение энергии всех спонтанно испущенных фотонов к полной энергии поглощённых фотонов;
- в) отношение энергии вынужденно испущенных фотонов к энергии спонтанно испущенных;
- г) произведение энергии всех спонтанно испущенных фотонов к полной энергии поглощённых фотонов

8. 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?

9. Суть явления люминесценции заключается в:

- а) свечении атомов, ионов, молекул или других более сложных частиц,

возникающем в результате электронного перехода в этих частицах при их возвращении из возбужденного состояния в основное;

б) избирательном поглощении однородной нерассеивающей системой электромагнитного излучения различных участков спектра;

в) излучении атомов, молекул, возникающем в результате электронных переходов между энергетическими уровнями возбужденных атомов или ионов?

10. Является ли люминесценция равновесным процессом?

а) не является;

б) является;

в) является при комнатной температуре.

11. Термины фотолюминесценция, электролюминесценция, рентгенолюминесценция, хемилюминесценция, катодолюминесценция относятся к классификации по

а) механизму свечения;

б) источнику возбуждения;

в) спектральному составу и длительности свечения?

12. 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) $\sim R^4$.

13. Спектр возбуждения представляет собой:

а) графическую зависимость интенсивности флуоресценции или числа фотонов от энергии кванта излучения, частоты или длины волны, возбуждающего излучения;

б) графическую зависимость интенсивности флуоресценции или числа фотонов от энергии кванта излучения, от частоты или длины волны;

в) графическую зависимость интенсивности возбуждающего света от его частоты (длины волны); активное возбуждение флуоресцирующих частиц?

14. Под спектром флуоресценции понимают:

а) графическую зависимость интенсивности флуоресценции или числа фотонов от энергии кванта излучения, частоты или длины волны регистрируемого излучения;

б) графическую зависимость интенсивности флуоресценции от энергии кванта

излучения, частоты или длины волны возбуждающего излучения;

в) графическую зависимость интенсивности возбуждающего света от энергии кванта излучения, частоты или длины волны излучения?

15. Свет, излучаемый при фотолюминесценции, по сравнению со светом, возбуждающим свечение, имеет, как правило, длину волны:

- а) большую;
- б) меньшую;
- в) одинаковую;
- г) много меньшую?

16. Какой фильтр следует поместить перед приемником излучения, чтобы исключить возбуждающее излучение в спектре люминесценции образца при возбуждении лазерным диодом с длиной волны 650 нм?

- а) пропускающий излучение с длиной волны больше 650 нм;
- б) пропускающий излучение с длиной волны меньше 650 нм;
- в) пропускающий излучение с длиной волны больше 700 нм;
- г) пропускающий излучение с длиной волны меньше 550 нм.

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. Что описывает закон Стокса-Ломмеля?
6. Что описывает закон Стокса-Ломмеля?
7. В чем заключается Эффект Фано?
8. Дайте определение энергетического выхода люминесценции
9. Что такое время жизни возбуждённого состояния?
10. Сформулируйте закон затухания в случае мономолекулярной кинетики?
11. Решите задачу. Оптическая плотность вещества равна 0.06, а интенсивность люминесценции в 5 раз меньше интенсивности возбуждающего света. Найти квантовый выход люминесценции вещества.
12. Решите задачу. Оптическая плотность вещества равна 0.1, а интенсивность люминесценции в 3 раз меньше интенсивности возбуждающего света. Найти квантовый выход люминесценции вещества.

13. Как изменится интенсивность фотолюминесценции, если увеличить оптическую плотность образца от 0.1 до 1 при фиксированной длине волны возбуждающего света?

14. Чему равен энергетический выход люминесценции если длина волны возбуждения равна 445 нм, а максимум пика люминесценции расположен при 620 нм, при учёте, что квантовый выход люминесценции равен 1?

15. Чему равен квантовый выход люминесценции если длина волны возбуждения равна 515 нм, а максимум пика люминесценции расположен при 620 нм, при учёте, что энергетический выход люминесценции равен 0.5?