

**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.ДВ.01.01 Атомная спектроскопия

**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:** д.ф.-м.н, профессор Овчинников Олег Владимирович, к.ф.-м.н., доцент Леонова Лиана Юрьевна

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

---

*отметки о продлении*

**8. Учебный год:** 2026/2027

**Семестр(ы):** 6

## 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: физические, аппаратные и методические основы современного спектрального анализа;  уметь: применять на практике современные спектральные приборы (как призмённые, так и дифракционные), источники света и приемники излучения оптического диапазона;
		ПК-4.2	Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов, уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники	владеть: основными методами решения типовых задач атомного спектрального анализа
		ПК-4.3	Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемых	

			изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	
--	--	--	--	--

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

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой

### 13 Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			6
Аудиторные занятия		56	56
в том числе:	лекции	28	28
	практические	28	28
	лабораторные	-	-
Самостоятельная работа		88	88
Групповая консультация			
Форма промежуточной аттестации		<i>экзамен</i>	
Итого:		144	144

#### 13.1 Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Введение.	Введение. Связь курса с курсом квантовой механики и его значение в изучении квантовой механики. Роль курса в спецкурсах каждой специализации.
2.	Теоретическая основа описания атомных состояний	Уравнение Шредингера для атомов. Релятивистские поправки. Одноэлектронное приближение. Приближение центрального поля.
3.	Движение электрона в центральном поле.	Решение уравнения Шрёдингера для движения электрона в центральном поле. Систематика состояний электрона в центральном поле. Электронные конфигурации для всех групп атомов таблицы Менделеева.
4.	Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения.	Нецентральное взаимодействие. Спин – орбитальное взаимодействие. Коммутационные соотношения. Типы связей (L-S связь, (j,j) связь). Полный момент атома.
5.	Нормальная связь (L-S связь).	Систематика атомных состояний при L-S связи. Термы. Правило Гунда. Нахождение термов многоэлектронных конфигураций. Неэквивалентные и эквивалентные электроны. Атомные уровни.
6.	(j, j) – связь.	Систематика электронных и атомных состояний при (j,j) связи. Сопоставление атомных состояний в схеме нормальной и (j j) – связи.
7.	Мультиплетное расщепление.	Мультиплетное расщепление термов. Правила отбора оптических переходов. Мультиплеты в спектрах.
8.	Спектры многоэлектронных атомов.	Спектры многоэлектронных атомов и ионов. Спектральные серии.
9.	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	Спектральные серии атома водорода. Тонкая структура электронных состояний атома водорода и спектральных линий. Лэмбовский сдвиг.
10.	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	Периодичность расположения электронов в атомах и атомные спектры. График Мозеля.

11.	Изучение сериальной структуры спектра атома алюминия	Уровни энергии и спектр атома алюминия. Получение и расшифровка спектрограмм атома алюминия. Группировка линий в серии. Вычисление эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов верхних уровней серий. Определение пределов серий, эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов основного терма алюминия. Вычисление потенциала ионизации атома алюминия и коэффициента поляризуемости атомного остатка алюминия.
-----	--	---

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение.	2			8		10
2.	Теоретическая основа описания атомных состояний	4			8		12
3.	Движение электрона в центральном поле.	2			8		10
4.	Учёт поправок к электронным состояниям в теории возмущения.	2			8		10
5.	Нормальная связь (L-S связь).	4			8		12
6.	(j, j) – связь.	4			8		12
7.	Мультиплетное расщепление.	2			8		10
8.	Спектры многоэлектронных атомов.	4			8		12
9.	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	2			8		10
10.	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	2			8		10
11	Изучение сериальной структуры спектра атома алюминия			28	8		36
	<i>Итого</i>	28		28	88		144

### 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	<i>Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия. / М.А. Ельяшевич; Изд. 4-е, стер.. – М.: URSS: Комкнига, 2007. – 415 с.</i>
2	<i>Ландсберг Г.С. Оптика: Учебное пособие для физ. специальностей вузов / Г.С. Ландсберг. – М.: Физматлит, 2006. – 848 с.</i>
3	<i>Спектральные методы анализа: практическое руководство / В.И.Васильев [и др.]. Воронеж: Науч. кн., 2014. – 212 с.</i>
4	<i>Фриш С.Э. Оптические спектры атомов: учебное пособие / С.Э.Фриш. – Изд. 2-е, испр. Спб [и др.]: Лань, 2010.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	<i>Атомный эмиссионный спектральный анализ: учебно-методическое пособие для вузов / Воронежский государственный университет; сост.: О.В.Овчинников, Л.Ю.Леонова, М.С.Смирнов, А.Н.Латышев. – Воронеж, Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2013. - <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf</a></i>
6	<i>Борщевский А.Я. Строение атомных частиц. Водородоподобные атомы / А.Я. Борщевский. – М.: МГУ, 2010. – 86 с.</i>
7	<i>Барсуков В.И. Атомный спектральный анализ / В.И. Барсуков. – М.: Изд-во Машиностроение-1, 2005. – 103 с.</i>
8	<i>Хасанов Р.Р. Атомно-эмиссионный спектральный анализ: Учебно-методическое пособие / Р.Р. Хасанов, Р.Р. Хусаинов. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. – 27 с.</i>
9	<i>Прикладная физическая оптика: учеб. Пособие для студ инж.-физ. и оптич. спец. вузов / В.А. Москалева, И.М. Нагибина, Н.А. Полушкина и др. – С.-Пб.: Политехника, 1995. - 527 с.</i>
10	<i>Лебедева В. В. Техника оптической спектроскопии: учебное пособие для студ. физич. и физ.-мат. фак-в ун-тов / В.В. Лебедева. - М.: Изд-во Московского ун-та, 1986. - 352 с.</i>
11	<i>Русанов А.К. Основы количественного спектрального анализа руд и минералов / А.К. Русанов. – М.: Недра, 1978 – 400 с.</i>
12	<i>Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию / В.И. Малышев. - М.: Изд. физ.-мат. лит., 1979. - 384 с.</i>
13	<i>Нагибина И.М. Спектральные приборы и техника спектроскопии / И.М. Нагибина, В.К. Прокофьев.- М.; Л.: Изд. Машиздат. [Лен. Отд-е], 1963. - 271 с.</i>

14	Зайдель А.Н. Таблицы спектральных линий / А.Н. Зайдель, В.К. Прокофьев, С.М. Райский. – М.: Наука, 1977. – 800 с.
15	Калинин С.К. Атлас дугового спектра / С.К. Калинин, А.А. Явнель. – М.: Гостехиздат, 1952. – 52 с.
16	Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т. 1, 2 / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 312 с, 480 с.
17	Физические основы и принципы работы приемников излучения в оптических системах: учебно-методическое пособие по специальности 010701 (010400) – Физика / Воронежский гос. ун-т; сост.: Т.В. Волошина, Л.Ю. Леонова, В.Н. Расхожев. – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2005. – 39 с.
18	Шаевич А.Б. Методы оценки точности спектрального анализа. М.: Металлургиздат, 1964. – 71 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

## 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.	Общий физический практикум : "Атомный эмиссионный спектральный анализ" [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студ. 3 курса физ. фак. ; для направления 011800 - Радиофизика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост. : О.В. Овчинников и др.] — Электрон. текстовые и граф. дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. — Загл. с титул. экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — Windows 2000; Adobe Acrobat Reader. — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-31.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-31.pdf</a> >.
2.	Лабораторный практикум по атомной физике: "Атомный эмиссионный спектральный анализ" [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [для проведения лаб. практикума по "Атомной физике" у студ. 3 курса физ. фак., обуч. по направлениям "Физика" и "Радиофизика" ; для направлений 011800 - Радиофизика, 011200 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост. : О.В. Овчинников и др.] — Электрон. текстовые и граф. дан. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — Загл. с титул. экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — Windows 2000; Adobe Acrobat Reader. — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf</a> >.

## 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.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебные и учебно-научные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии для проведения лабораторных занятий: генератор активизированной дуги переменного тока и высоковольтной искры ИВС-29 с поджигом высокочастотным разрядом и напряжением порядка 30000 В; спектрометр с плоской дифракционной решеткой PGS-2 с ПЗС-линейкой фирмы Toshiba TCD1304AP; маркерная доска, компьютер, проектор, экран, учебная и методическая литература.

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## 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-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
2.	Теоретическая основа описания атомных	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
	состояний			
3.	Движение электрона в центральном поле.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
4.	Учёт поправок к электронным поперечным теориям возмущения.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
5.	Нормальная связь (L-Связь).	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
6.	(j, j) – связь.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
7.	Мультиплетное расщепление.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
8.	Спектры многоэлектронных атомов.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
9.	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
10.	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Домашние (самостоятельные) задания для контроля освоения дисциплины
11	Изучение серийной структуры спектра атома алюминия	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Отчет по лабораторной работе
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 лабораторной работы).

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 работы 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 практической работы:

<i>Критерии оценивания компетенций</i>	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>	<b>Повышенный уровень</b>	<b>Отлично</b>
<i>Все пункты лабораторной работы выполнены верно, оформлены с незначительными нарушениями требований, указанных преподавателем, сделаны выводы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<b>Базовый уровень</b>	<b>Хорошо</b>
<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>	<b>Пороговый уровень</b>	<b>Удовлетворительно</b>
<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>	–	<b>Неудовлетворительно</b>

## 20.2. Промежуточная аттестация

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации:

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами изучаемых явлений;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение использовать знания об изучаемых явлениях;
- 4) владение современными способами атомного эмиссионного анализа.

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. Уравнение Шредингера для атомов. Релятивистские поправки.
  2. Одноэлектронное приближение.
  3. Приближение центрального поля. Решение уравнения Шредингера для движения электрона в центральном поле. Систематика состояний электрона в центральном поле.
  4. Электронные конфигурации для всех групп атомов таблицы Менделеева.
  5. Нецентральное взаимодействие.
  6. Спин – орбитальное взаимодействие.
  7. Коммутационные соотношения.
  8. Типы связей (L-S связь, (j,j) связь).
  9. Полный момент атома.
  10. Систематика атомных состояний при L-S связи.
  11. Термы. Правило Гунда. Нахождение термов многоэлектронных конфигураций.
  12. Неэквивалентные и эквивалентные электроны.
  13. Атомные уровни.
  14. Систематика электронных и атомных состояний при (j,j) связи. Сопоставление атомных состояний в схеме нормальной и (j j) – связи.
  15. Мультиплетное расщепление термов.
  16. Правила отбора оптических переходов.
  17. Мультиплеты в спектрах.
  18. Спектры многоэлектронных атомов и ионов.
  19. Спектральные серии.
  20. Спектральные серии атома водорода. Тонкая структура электронных состояний атома водорода и спектральных линий. Лэмбовский сдвиг.
  21. Спектры атомов щелочных металлов. Квантовый дефект.
  22. Периодичность расположения электронов в атомах и атомные спектры. График Мозеля.
  23. Порядок группировки линий атомных спектров, вычисление квантовых дефектов и пределов серий.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p><i>Посещение лекционных и лабораторных 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></p>	<p><i>Повышенный уровень</i></p>	<p><i>Отлично</i></p>
<p><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></p>	<p><i>Базовый уровень</i></p>	<p><i>Хорошо</i></p>
<p><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></p>	<p><i>Пороговый уровень</i></p>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует выше перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i></p>	<p><i>–</i></p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

## Приложение 1

### Типовые тестовые задания

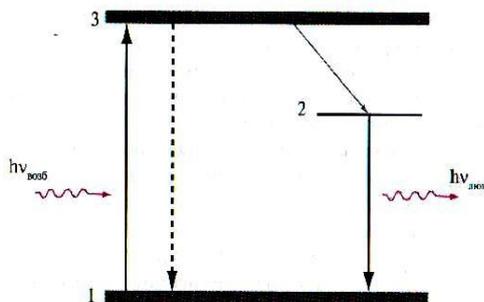
1. Излучение, представляющее собой избыток над тепловым излучением тела при данной температуре, называется:

- 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?