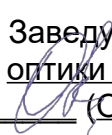


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии

(Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

21. 06. 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Фотоника молекул и кристаллов

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптикоинформатика
2. Профиль подготовки: Перспективные материалы и устройства фотоники
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор;
Возгорькова Екатерина Александровна, кандидат физико-математических наук
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 20.06.2023
8. Учебный год: 2023/2024 Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины: _

Целью освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональных компетенций в области фотоники молекул и кристаллов, а также навыков экспериментального исследования материалов фотоники, моделирования процессов в устройствах фотоники.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать комплекс теоретических представлений об энергетической структуре молекул и кристаллов, процессах их взаимодействия с излучением оптического диапазона, соответствующих фотофизических и фотохимических процессах;
- обеспечить умение моделировать фотопроцессы в молекулах и кристаллах для устройств фотоники, применяя полученные в ходе освоения дисциплины знания;
- сформировать навык владения методиками проведения экспериментальных исследований фотонных процессов в молекулах и кристаллах.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: учебная дисциплина Б1.В.03 «Фотоника молекул и кристаллов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 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	ПК-2.1	Формулирует задачи для выявления принципов и путей создания перспективных материалов, моделирует процессы в устройствах фотоники	знать: физические основы процессов, происходящий в молекулах и кристаллах под действием электромагнитного излучения оптического диапазона; принципы работы, возможности и назначение специализированного оборудования и приборов для создания и исследования материалов фотоники уметь: при решении конкретной задачи создания материалов и устройств фотоники генерировать идеи исходя из наличия ресурсов и ограничений владеть: методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой
		ПК-2.2	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	

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

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		1
Аудиторные занятия	30	30
в том числе:	лекции	30
	практические	0
	лабораторные	0
Самостоятельная работа	78	78
Форма промежуточной аттестации (зачет)	0	0
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.	Фотоника молекул	<p>Фотоника молекул как многообразие фотофизических и фотохимических процессов в молекулах. Электронное строение многоатомных молекул, цвет и спектр поглощения. Поглощение света молекулами и рассеивающими средами. Экстинкция света дисперсных растворов и полимерных пленок. Люминесценция красителей, ее квантовый выход. Строение и оптические спектры красителей. Физические основы классификации электронных спектров поглощения. Адиабатическое приближение в молекулярной задаче. Электронно-колебательно-вращательные уровни многоатомных молекул. Строение электронных оболочек молекул: n, π, σ орбитали. Синглетные и триплетные состояния молекул. Триплетное состояние молекул (на примере O_2). Свойства триплетной молекулы. Правила отбора для оптических переходов в поглощении и излучении для многоатомных молекул. Принцип Франка – Кондона. Законы поглощения и люминесценции молекул. Схема Яблонского. Длительность возбужденных состояний молекул красителей. Интерспиновая конверсия. Взаимное расположение триплетных и синглетных состояний молекулы. Спектр поглощения с триплетного уровня. Сенсibilизированная люминесценция молекулы. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Сенсibilизированная замедленная флуоресценция. Агрегация красителей и оптический спектр.</p> <p>Основные типы фотохимических реакций с участием молекул красителей. Законы фотохимии. Фотораспад. Фотоперегруппировка. Фотоприсоединение, фотоперенос электрона. Фотоизомеризация. Фотолиз. Фотосенсibilизированная диссоциация. Двухфотонные фотохимические реакции. Образование эксимеров. Фотодимеризация. Фотогидролиз. Таутомеризация. Фотохромизм. Комплексы с переносом заряда. Фотокаталитический перенос протона. Фотоокисление. Фотовыцветание красителей.</p>	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=19790

2.	Фотоника кристаллов	<p>Электронное строение твердых тел. Уравнение Шрёдингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Зонное строение твердых тел.</p> <p>Фотофизика твердого тела. Поглощение света кристаллами. Собственное и примесное поглощение света. Экситонное поглощение. Люминесценция кристаллов. Механизмы люминесценции кристаллов. Фотопроводимость и фотоэлектромагнитный эффект. Фотопластический эффект. Двухфотонное поглощение света полупроводниковыми соединениями. p-n переход. Принцип сбора и накопления солнечной энергии.</p> <p>Фотохимия кристаллов. Основные типы, проявления и закономерности фотохимических реакций в кристаллах. Фотохимические реакции в кристаллах с участием структурно-примесных дефектов. Фотолиз. Фотолиз светочувствительных кристаллов. Фотокаталитические реакции в твердом теле. Возможные механизмы фотохимических реакций в кристаллах. Связь деграционных явлений в фоторезисторах, светодиодах, полупроводниковых лазерах с фотостимулированными процессами.</p>	
----	---------------------	---	--

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практ.	Лаб.раб	Сам. работа	Контр.	
1.	Введение в фотонику молекул	18			40		58
2.	Фотоника кристаллов	12			38		50
	<i>Итого</i>	30			78		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) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

3) Подготовка к аттестации В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется: изучить конспекты лекции, учебную литературу, ознакомиться с основными методами решения задач, самостоятельно решить задачи, 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. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Слюсарева Е.А. <i>Оптическая спектроскопия: сложные молекулы: учебное пособие</i> // Е.А. Слюсарева, М.А. Герасимова, Н.В. Слюсаренко // Красноярск : СФУ, 2018. – 116 с. https://reader.lanbook.com/book/117772#2

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Ельяшевич М.А. <i>Атомная и молекулярная спектроскопия</i> / М.А. Ельяшевич // М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 895 с.
3	Бахшиев Н.Г. <i>Введение в молекулярную спектроскопию</i> / Н.Г. Бахшиев // Л.: Издательство ленинградского университета, 1987. – 216 с.
4	Турро Н. <i>Молекулярная фотохимия</i> / Н. Турро // М.: «МИР», 1967. -328 с.
5	Киреев, П.С. <i>Физика полупроводников</i> / П.С. Киреев // М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.
6	Шалимова К.В. <i>Физика полупроводников</i> / К.В. Шалимова. – СПб.: Лань, 2010.- 390 с.
7	Панков, Ж. <i>Оптические процессы в полупроводниках</i> / Ж. Панков ; пер. с англ. под ред. Ж.И. Алферова и В.С. Вавилова. — Москва. : Мир, 1973. — 456 с.
8	Галанин, М.Д. <i>Люминесценция молекул и кристаллов</i> / М.Д.Галанин ; Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия" .— Москва., 1999. — 199 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Овчинников О.В., Смирнов М.С. <i>Основы фотоники полупроводниковых коллоидных квантовых точек: учебное пособие</i> / О.В. Овчинников, М.С. Смирнов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Воронежский государственный университет, кафедра оптики и спектроскопии. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2024. 343 с.
2	Амосова, Л. П. <i>Введение в физику оптоэлектронных и фотонных устройств для информационных систем : учебное пособие : [16+]</i> / Л. П. Амосова ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 127 с.
3	Сидоров, А. И. <i>Сенсорная фотоника : учебное пособие : [16+]</i> / А. И. Сидоров ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 99 с.

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

В учебном процессе используются традиционные и дистанционные (ДОТ) образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные 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 и др., 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.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, мультимедиа-проектор, ноутбук, экран WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcoun.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение в фотонику молекул	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Вопросы, тесты, задачи
2	Фотоника кристаллов	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Вопросы, тесты, задачи
Промежуточная аттестация форма контроля – <i>зачет</i>				Вопросы, тесты, задачи

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

20.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация проводится в письменном виде с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Вариант заданий включает в себя пять тестовых заданий, теоретический вопрос и 2 задачи. Время выполнения 45 мин.

Пример КИМ для текущей аттестации:

Контрольно-измерительный материал № 1

Задание 1. Укажите правильные ответы.

1. Укажите верное соотношение между составляющими энергии молекулы:

- а) $E_{эл} \gg E_{колеб} \gg E_{вращ}$
- б) $E_{эл} \gg E_{вращ} \gg E_{колеб}$
- в) $E_{вращ} \gg E_{колеб} \gg E_{эл}$

- г) $E_{\text{вращ}} \gg E_{\text{эл}} \gg E_{\text{колеб}}$
2. Спектр поглощения красителя представляет собой широкую полосу в области 450 – 650 нм. Каков видимый цвет данного красителя?
- пурпурный;
 - красный;
 - бирюзовый;
 - зеленый.
3. Укажите процесс, который схематично можно изобразить следующим образом: $A^* + H_2O \rightarrow \text{HAOH}$.
- фотолюминесценция;
 - фотодимеризация;
 - фотогидролиз;
 - фотодиссоциация.
4. Вид потенциальной энергии в модели гармонического осциллятора:
- $U = \frac{1}{2} k_{\text{vibr}} (\rho - \rho_e)$
 - $U = \frac{1}{2} k_{\text{vibr}} (\rho - \rho_e)^2$
 - $U = \frac{1}{2} k_{\text{vibr}} (\rho - \rho_e)^3$
 - $U = \frac{1}{2} k_{\text{vibr}} (\rho - \rho_e)^4$
5. Потенциал Морза имеет вид:
- $U(\rho) = D_e [1 + \exp(-\alpha_{\text{vibr}}(\rho - \rho_e))]^2$
 - $U(\rho) = D_e [(1 - \exp(\alpha_{\text{vibr}}(\rho - \rho_e)))]^2$
 - $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{\text{vibr}}(\rho - \rho_e))]$
 - $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{\text{vibr}}(\rho - \rho_e))]^2$

Задание 2. Дайте развернутый ответ по вопросу: Строение и оптические спектры красителей.

Задание 3. Решите задачу: Найти момент инерции молекулы HF, если вращательная константа, полученная экспериментально равна $B = 13,795 \text{ см}^{-1}$. $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}$. Ответ приведите в $\text{г} \cdot \text{см}^2$ с точностью до десятых.

Задание 4. Решите задачу: При изучении разделения статических и динамических компонент для тушения акридона йодид-ионами были получены следующие данные (в воде при 26°C). F_0 и F – квантовый выход акридона чистого и в присутствии тушителя соответственно.

[KI], M	[KNO ₂], M	F ₀ /F
0	1,10	1,0
0,04	1,06	4,64
0,10	1,00	10,59
0,20	0,90	23,0
0,30	0,80	37,2
0,50	0,60	68,6
0,80	0,30	104

KNO₂ применяется для поддержания постоянной ионной силы и не тушит флуоресценцию акридона. Постройте график Штерна-Фольмера. Определите статическую константу тушения (округлить с точностью до целых).

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 балла – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения,

или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;

- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

3) ответ на теоретические вопросы:

- 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

от 5 до 15 баллов – «зачтено»;

от 0 до 4 баллов – «не зачтено».

20.2 Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет. Оценка «зачтено»/ «не зачтено» выставляется по результатам работы обучающихся в течение семестра (посещаемость, устные ответы, результаты текущей аттестации) на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость.

Промежуточная аттестация: проводится в письменном виде с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Вариант заданий включает в себя пять тестовых заданий, теоретический вопрос и 2 задачи. Время выполнения 45 мин

Пример КИМ для промежуточной аттестации:

Контрольно-измерительный материал № 1

Задание 1. Укажите правильные ответы.

1. Спектр поглощения красителя представляет собой широкую полосу в области 450 – 650 нм. Каков видимый цвет данного красителя?

- а) пурпурный;
- б) красный;
- в) бирюзовый;
- г) зеленый.

2. Укажите процесс, который схематично можно изобразить следующим образом: $A^* + H_2O \rightarrow$ НАОН.

- а) фотолюминесценция;
- б) фотодимеризация;
- в) фотогидролиз;
- г) фотодиссоциация.

3. Вид потенциальной энергии в модели гармонического осциллятора:

а) $U = \frac{1}{2} k_{vibr}(\rho - \rho_e)$

б) $U = \frac{1}{2} k_{vibr}(\rho - \rho_e)^2$

в) $U = \frac{1}{2} k_{vibr}(\rho - \rho_e)^3$

г) $U = \frac{1}{2} k_{vibr}(\rho - \rho_e)^4$

4. Потенциал Морза имеет вид:

а) $U(\rho) = D_e [1 + \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]^2$

б) $U(\rho) = D_e [(1 - \exp(\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e)))]^2$

в) $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]$

г) $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]^2$

5. Собственные функции для задачи электрона в сферической потенциальной яме характеризуются:

- а) Сферическими функциями Бесселя.
- б) Сферическими функциями Бесселя и гармоническими функциями.
- в) Полиномами Лагерра и гармоническими функциями.
- д) Сферическими функциями Неймана и Ханкеля.

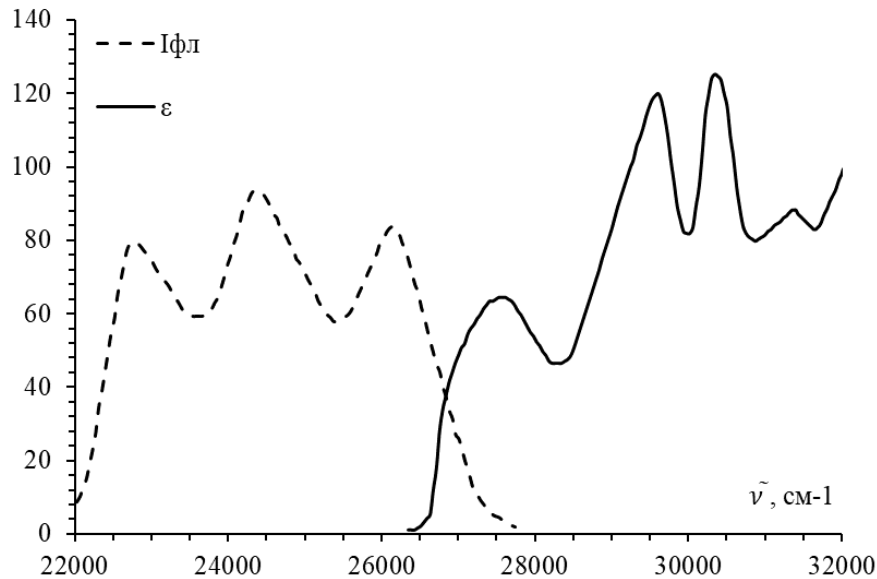
Задание 2. Дайте развернутый ответ по вопросу: Основные типы фотохимических реакций с участием молекул красителей.

Задание 3. Решите задачу: Рассчитайте квантовый выход люминесценции монокристаллической пластинки (максимум люминесценции 910 нм) по следующим экспериментальным данным:

- квантовый выход люминесценции эталона (красителя индоцианинового зеленого) $Q_{кр} = 12.9\%$;
- интегральная интенсивность люминесценции эталона $I_{кр} = 6840$ отн.ед.,
- интегральная интенсивность люминесценции образца – $I = 578$ отн.ед.;
- оптическая плотность эталона $D_{кр\ 660нм} = 0.10$, оптическая плотность образца $D_{660нм} = 0.09$;
- показатель преломления растворителя (DMSO) эталона $n_{кр} = 1.42$,
- показатель преломления растворителя (вода) образца $n = 1.32$.

Ответ указать в процентах с точностью до десятых

Задание 4. Решите задачу: Оцените время жизни флуоресценции молекулы бензофенона, спектры поглощения и люминесценции которого представлены на рисунке:



Ответ привести в мкс с точностью до десятых.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 балла – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

3) ответ на теоретические вопросы:

- 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 5 до 15 баллов – «зачтено»;
- от 0 до 4 баллов – «не зачтено»

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень типовых заданий для проведения текущих и промежуточных аттестаций

Вопросы для контроля усвоения дисциплины:

1. Фотоника молекул как многообразие фотофизических и фотохимических процессов в молекулах.
2. Электронное строение многоатомных молекул, цвет и спектр поглощения.
3. Поглощение света молекулами и рассеивающими средами.
4. Экстинкция света дисперсных растворов и полимерных пленок.
5. Люминесценция красителей, ее квантовый выход.
6. Строение и оптические спектры красителей.
7. Физические основы классификации электронных спектров поглощения.
8. Адиабатическое приближение в молекулярной задаче.
9. Электронно-колебательно-вращательные уровни многоатомных молекул.
10. Строение электронных оболочек молекул: n , π , σ орбитали.
11. Синглетные и триплетные состояния молекул.
12. Триплетное состояние молекул (на примере O_2).
13. Свойства триплетной молекулы.
14. Правила отбора для оптических переходов в поглощении и излучении для многоатомных молекул.
15. Принцип Франка – Кондона.
16. Законы поглощения и люминесценции молекул.
17. Схема Яблонского.
18. Длительность возбужденных состояний молекул красителей.
19. Интерспиновая конверсия.
20. Взаимное расположение триплетных и синглетных состояний молекулы.
21. Спектр поглощения с триплетного уровня.
22. Сенсibilизированная люминесценция молекулы.
23. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения.
24. Сенсibilизированная замедленная флуоресценция.
25. Агрегация красителей и оптический спектр.
26. Основные типы фотохимических реакций с участием молекул красителей.
27. Законы фотохимии.
28. Фотораспад.
29. Фотоперегруппировка.
30. Фотоприсоединение, фотоперенос электрона.
31. Фотоизомеризация.
32. Фотолиз.
33. Фотосенсibilизированная диссоциация.
34. Двухфотонные фотохимические реакции.
35. Образование эксимеров.
36. Фотодимеризация.
37. Фотогидролиз.
38. Таутомеризация.
39. Фотохромизм.
40. Комплексы с переносом заряда.
41. Фотокаталитический перенос протона.
42. Фотоокисление.
43. Фотовыцветание красителей.
44. Электронное строение твердых тел.

45. Уравнение Шрёдингера для кристалла.
46. Адиабатическое и одноэлектронное приближение.
47. Зонное строение твердых тел.
48. Фотофизика твердого тела.
49. Поглощение света кристаллами.
50. Собственное и примесное поглощение света.
51. Экситонное поглощение.
52. Люминесценция кристаллов.
53. Механизмы люминесценции кристаллов.
54. Фотопроводимость и фотоэлектромагнитный эффект.
55. Фотопластический эффект.
56. Дифузионное поглощение света полупроводниковыми соединениями.
57. p-n переход.
58. Принцип сбора и накопления солнечной энергии.
59. Фотохимия кристаллов.
60. Основные типы, проявления и закономерности фотохимических реакций в кристаллах.
61. Фотохимические реакции в кристаллах с участием структурно-примесных дефектов.
62. Фотолиз.
63. Фотолиз светочувствительных кристаллов.
64. Фотокаталитические реакции в твердом теле.
65. Возможные механизмы фотохимических реакций в кристаллах.
66. Связь деграционных явлений в фоторезисторах, светодиодах, полупроводниковых лазерах с фотостимулированными процессами.

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Укажите верное соотношение между составляющими энергии молекулы:
 - а) $E_{эл} \gg E_{колеб} \gg E_{вращ}$
 - б) $E_{эл} \gg E_{вращ} \gg E_{колеб}$
 - в) $E_{вращ} \gg E_{колеб} \gg E_{эл}$
 - г) $E_{вращ} \gg E_{эл} \gg E_{колеб}$
2. Спектр поглощения красителя представляет собой широкую полосу в области 450 – 650 нм. Каков видимый цвет данного красителя?
 - а) пурпурный;
 - б) красный;
 - в) бирюзовый;
 - г) зеленый.
3. Укажите процесс, который схематично можно изобразить следующим образом: $A^* + H_2O \rightarrow H_2O$.
 - а) фотолюминесценция;
 - б) фотодимеризация;
 - в) фотогидролиз;
 - г) фотодиссоциация.
4. Вид потенциальной энергии в модели гармонического осциллятора:
 - а) $U = \frac{1}{2} k_{vibr} (\rho - \rho_e)$
 - б) $U = \frac{1}{2} k_{vibr} (\rho - \rho_e)^2$
 - в) $U = \frac{1}{2} k_{vibr} (\rho - \rho_e)^3$
 - г) $U = \frac{1}{2} k_{vibr} (\rho - \rho_e)^4$

5. Потенциал Морза имеет вид:

а) $U(\rho) = D_e [1 + \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]^2$

б) $U(\rho) = D_e [(1 - \exp(\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e)))]^2$

в) $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]$

г) $U(\rho) = D_e [1 - \exp(-\alpha_{vibr}(\rho - \rho_e))]^2$

6. Собственные функции для задачи электрона в сферической потенциальной яме характеризуются:

- а) Сферическими функциями Бесселя.
- б) Сферическими функциями Бесселя и гармоническими функциями.
- в) Полиномами Лагерра и гармоническими функциями.
- д) Сферическими функциями Неймана и Ханкеля.

Примеры задач для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Найти момент инерции молекулы HCl, если вращательная константа, полученная экспериментально равна $B = 10,495 \text{ см}^{-1}$. $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-27} \text{ эрг}\cdot\text{с}$. Ответ приведите в $\text{г}\cdot\text{см}^2$ с точностью до десятых.

2. Найти момент инерции молекулы HF, если вращательная константа, полученная экспериментально равна $B = 13,795 \text{ см}^{-1}$. $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-27} \text{ эрг}\cdot\text{с}$. Ответ приведите в $\text{г}\cdot\text{см}^2$ с точностью до десятых.

3. При изучении разделения статических и динамических компонент для тушения акридона йодид-ионами были получены следующие данные (в воде при 26°C). F_0 и F – квантовый выход акридона чистого и в присутствии тушителя соответственно.

[KI], М	[KNO ₂], М	F ₀ /F
0	1,10	1,0
0,04	1,06	4,64
0,10	1,00	10,59
0,20	0,90	23,0
0,30	0,80	37,2
0,50	0,60	68,6
0,80	0,30	104

KNO₂ применяется для поддержания постоянной ионной силы и не тушит флуоресценцию акридона. Постройте график Штерна-Фольмера. Определите статическую константу тушения (округлить с точностью до целых).

4. В присутствии вещества Q интенсивность флуоресценции люминофора F снижается согласно таблице:

C _Q , 10 ⁻³ моль/л	0	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.60	0.80	1.00
I, отн.ед.	100.0	80.0	66.7	50.2	40.0	33.3	25.1	20.0	16.6

Формы спектров поглощения и флуоресценции люминофора F в отсутствие и в присутствии тушителя Q не отличаются. Найдите константу тушения. В ответе укажите значение, уменьшенное в 1000 раз, с точностью до десятых.

5. Рассчитайте квантовый выход люминесценции монокристаллической пластинки (максимум люминесценции 1100 нм) по следующим экспериментальным данным:

- квантовый выход люминесценции эталона (красителя индоцианинового зеленого) $Q_{кр} = 12.9\%$;
- интегральная интенсивность люминесценции эталона $I_{кр} = 6820 \text{ отн.ед.}$,
- интегральная интенсивность люминесценции образца – $I = 1455 \text{ отн.ед.}$;
- оптическая плотность эталона $D_{кр\ 660\text{нм}} = 0.09$, оптическая плотность образца $D_{660\text{нм}} = 0.08$;

- показатель преломления растворителя (DMSO) эталона $n_{кр} = 1.42$,
- показатель преломления растворителя (вода) образца $n = 1.32$.

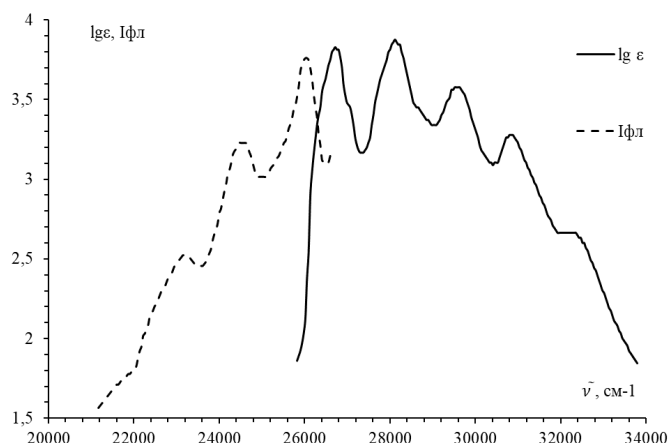
Ответ указать в процентах с точностью до десятых.

6. Рассчитайте квантовый выход люминесценции монокристаллической пластинки (максимум люминесценции 910 нм) по следующим экспериментальным данным:

- квантовый выход люминесценции эталона (красителя индоцианинового зеленого) $Q_{кр} = 12.9\%$;
- интегральная интенсивность люминесценции эталона $I_{кр} = 6840$ отн.ед.,
- интегральная интенсивность люминесценции образца – $I = 578$ отн.ед.;
- оптическая плотность эталона $D_{кр\ 660нм} = 0.10$, оптическая плотность образца $D_{660нм} = 0.09$;
- показатель преломления растворителя (DMSO) эталона $n_{кр} = 1.42$,
- показатель преломления растворителя (вода) образца $n = 1.32$.

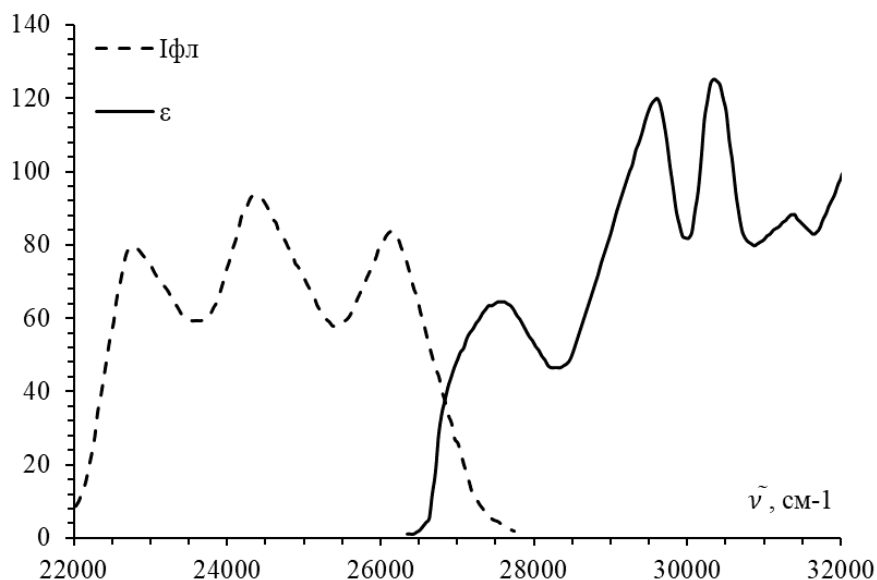
Ответ указать в процентах с точностью до десятых.

7. Оцените время жизни флуоресценции молекулы, спектры поглощения и люминесценции которого представлены на рисунке:



Ответ привести в нс с точностью до десятых.

8. Оцените время жизни флуоресценции молекулы бензофенона, спектры поглощения и люминесценции которого представлены на рисунке:



Ответ привести в мкс с точностью до десятых.