

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям



О.И. Чуприс

Регистрационный № УД-5504/уч.

Электро- и фотолюминесцентные системы

Учебная программа для специальности:

1-31 80 06 Химия

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 06-2012 с изменением № 163 от 27.12.2017 и учебных планов G 31-236/уч 2017 г. и G 31и-283/уч 2017 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.В.Ващенко, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической Белорусского государственного университета
(протокол № 13 от 21.05.2018);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского
государственного университета

(протокол № 6 от 26.06.2018)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Электро- и фотолюминесцентные системы» предназначена для магистрантов химического факультета, обучающихся по специальности 1-31 80 06 «Химия». Дисциплина относится к циклу дисциплин специальной подготовки, компоненту учреждения высшего образования и является курсом по выбору магистранта. Курс посвящен рассмотрению теоретических аспектов и основных закономерностей фото- и электролюминесценции в твердых телах. Изложение теории (законы люминесценции, кинетика, механизмы возникновения свечения) дополнено рассмотрением конкретных люминесцентных устройств, используемых в разных областях науки и техники: оптоэлектронике, биомедицине, освещении, электронном приборостроении. В содержательную часть курса включены актуальные результаты исследований, проводимых научными сотрудниками химического факультета БГУ, БГУИР, Института физики НАН Беларуси.

Учебная дисциплина связана с дисциплиной «Теоретические основы неорганической химии», «Современные проблемы химии». Поскольку электро- и фотолюминесцентные устройства постоянно совершенствуются и имеют разноплановые применения, для изучения курса привлекаются отдельные темы физики полупроводников, биохимии и иммунохимических методов анализа. Для усиления вклада самостоятельной работы предусмотрен перечень тем для самостоятельных докладов, в результате чего магистрант осваивает навыки информационного поиска, отбора и анализа патентной литературы, представления результатов исследований.

Цель курса – получение студентом знаний об основных классах неорганических и органических веществ, способных к люминесценции при фото- и электровозбуждении, о механизмах возникновения и основных физических характеристиках люминесценции, а также о современных электро- и фотолюминесцентных устройствах и принципах их работы.

Задачи курса:

- сформировать у магистранта понимание основных закономерностей и механизмов люминесценции при фото –и электровозбуждении;
- научить определять изменение люминесцентных свойств конкретного соединения при изменении внешних условий (температура, растворитель, атмосфера, источник возбуждения);

-сформировать целостное представление о практических возможностях применения люминесценции в химии, биологии и медицине.

Курс структурно разделен на две части. В первой рассматривается люминесценция органических и неорганических веществ при фотовозбуждении и основные фотолюминесцентные системы на их основе, во второй – электролюминесценция и электролюминесцентные устройства.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

знать:

- основные закономерности возникновения люминесценции в твердых телах при фото- и электровозбуждении;
- механизмы возникновения фото- и электролюминесценции в органических молекулах и неорганических кристаллах, влияние структуры, растворителей, температуры, примесей на физические характеристики люминесценции;
- принципы синтеза фото- и электролюминофоров и конструирования на их основе фото- и электролюминесцентных устройств;

уметь:

- интерпретировать механизмы возникновения фото- и электролюминесценции в твердых телах и органических молекулах;
- предсказывать изменение люминесцентных свойств конкретного соединения при изменении внешних условий (температура, растворитель, атмосфера, источник возбуждения);
- подготовить и представить научный доклад на заданную тему по результатам анализа современной литературы, в том числе научных статей, патентов и т.п.

владеть:

- методологией исследований спектрально-люминесцентных свойств вещества;
- принципами и навыками самостоятельного анализа спектров люминесценции разных классов органических и неорганических соединений.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 80 06 «Химия»:

ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области химических и смежных областей естественных наук.

ПК-2. Представлять результаты научных исследований в виде отчетов, статей, презентаций, докладов.

ПК-3. Доводить результаты до внедрения в производство, оформлять сопроводительную отчетную и научно-техническую документацию.

ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-9. Определять цели инноваций и способы их достижения.

ПК-10. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых продуктов и технологий.

ПК-11. Готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов интеллектуальной собственности.

Дисциплина преподается в 3 семестре 2 курса. Общее количество часов для изучения дисциплины - 72, аудиторных 36 (лекции – 22, семинарские занятия – 8, УСП – 6).

Форма получения высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основные характеристики люминесценции

Понятие о люминесценции и люминофорах. Отличие люминесценции от других типов излучения. Условия, необходимые для возникновения люминесценции в образце. Трехуровневая и четырехуровневая схема люминесценции. Резонансная, спонтанная и вынужденная люминесценция. Виды люминесценции в зависимости от способа возбуждения. Законы люминесценции (закон Стокса-Ломмеля, правило Каши, правило Левшина, закон Вавилова). Основные характеристики люминесценции: спектры люминесценции, возбуждения люминесценции, поглощения. Принцип Франка-Кондона.

2. Люминесценция биологических молекул и ее аналитические применения

Собственная люминесценция биологических молекул. Люминесцирующие аминокислоты.

Антитела и антигены. Структура антител.

Прямой и непрямой иммунофлуоресцентный анализ. Применение люминесцентных меток в иммунофлуоресцентном анализе. Способы и методики иммунофлуоресцентного анализа. Гомогенные и гетерогенные методы.

Ошибки и погрешности иммунофлуоресцентного анализа.

Пример использования ИФА для детектирования антител к альфа-фетопротеину и простат-специфическому антигену.

3. Неорганическая фотолюминесценция

Типы фотолюминесценции в неорганических соединениях. Механизмы и ограничения. Влияние дефектов на люминесценцию. Типы рекомбинационной фотолюминесценции: межзонная, экситонная, примесная. Кинетика люминесценции люминофоров характеристического и рекомбинационного типа.

Принципы синтеза неорганических люминофоров. Способы регулирования распределения активатора. Золь-гель синтез. Твердофазные методы синтеза.

Типы неорганических функциональных материалов, обладающих люминесцентными свойствами. Практическое применение неорганических люминофоров (люминофоры для люминесцентных ламп).

4. Люминесценция редкоземельных ионов

Ионы редкоземельных элементов (РЗЭ) в качестве оптически активных центров. Оптические переходы в ионах РЗЭ. Характеристика спектров возбуждения и люминесценции на примере иона европия (III).

Сенсибилизация люминесценции ионов РЗЭ. Механизм сенсибилизации органическим лигандом (Кросби). Классификация ионов РЗЭ по Вану и Кросби.

5. Практические применения люминесценции ионов РЗЭ

Применение люминесценции ионов РЗЭ оптоэлектронике. Синтез структур Er:Si/SiO_2 и особенности их люминесценции.

Применение люминесценции ионов РЗЭ в биоаналитике. Особенности использование ионов РЗЭ в качестве аналитических меток.

Наноструктурированные материалы с ионами РЗЭ

6. Прикладные аспекты использования лазерного излучения

Принцип работы лазеров, их классификация. Отличие лазерного излучения от люминесценции. Применение лазерного излучения в медицине (оперативные вмешательства). Лазерная косметология.

7. Введение в нанофотонику

Физические основы усиления люминесценции и комбинационного рассеяния вблизи металлических поверхностей. Теоретический и прикладной аспекты. Поверхностный плазмонный резонанс. Способы создания нанотекстурированных металлических поверхностей. Комбинация фотонных кристаллов и металлических поверхностей.

Химические и физические методы синтеза ГКР и SEF- активных субстратов. Технология layer-by-layer.

8. Полупроводниковые гетероструктуры как основа генерации электролюминесцентного излучения

Светодиодные источники света. Устройство, принцип работы. Принципы получения многоцветных и белых светодиодов. Химические соединения, используемые в светодиодах.

Гетеропереходы и гетероструктуры. Механизм рекомбинации носителей заряда в гетероструктурах. Физические основы конструирования гетероструктур. Синтез гетероструктур (газофазная эпитаксия, молекулярно-лучевая эпитаксия). Пути повышения эффективности свечения в гетероструктурах. Квантовые ямы и квантовые точки. Короткопериодные сверхрешетки.

Инжекционная и предпробойная электролюминесценция. Тонкопленочные электролюминесцентные панели.

9. Принципы OLED-технологии.

Однослойные и многослойные OLED, их структуры и энергетическая диаграмма. Типы соединений, используемых в технологии OLED. OLEDs на основе органических комплексов ионов редкоземельных элементов. Преимущества и недостатки органических электролюминесцентных систем. Перспективы использования.

10. Технологии оптического кодирования с использованием квантовых точек.

Понятие о квантовых точках. Технологии их синтеза, модификации поверхности, управления растворимостью. Технология оптического кодирования с использованием органических молекул и с использованием квантовых точек, их преимущества. Перспективы применения квантовых точек в планарных и жидких биочипах. Мультиплексное детектирование с использованием квантовых точек $A^{II}B^{VI}$. Детектирование в формате FRET.

11. Квантовые точки кремния и германия.

Методы получения и особенности люминесцентных свойств наночастиц германия и кремния. Получение пористого кремния методом электрохимического травления и его люминесценция. Области применения квантовых точек кремния и германия.

Квантовые точки германия на кремнии. Методы получения. Самоорганизация наностроек германия при эпитаксиальном росте на поверхности кремния. Особенности спектров люминесценции.

12. Люминесценция углеродных наноструктур.

Люминесценция углеродных наноструктур. Наноалмазы. Углеродные нанотрубки: синтез, классификация. Люминесценция углеродных нанотрубок и факторы, ее определяющие. Возможности практического применения углеродных нанотрубок как люминесцирующих систем.

13. Хеми- и биолюминесценция.

Закономерности, механизмы и примеры хеми-и биолюминесценции. Люминол: свойства, принципы люминесценции. Применение люминесцентных методов анализе в криминалистике.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСРКоличество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные характеристики люминесценции	2						
1.1	Условия возникновения и эмпирические законы люминесценции. Межмолекулярный перенос энергии	2						
2	Люминесценция биологических молекул и ее аналитические применения	2		2			2	
2.1	Люминесценция биологических молекул	2						
2.2	Иммунофлуоресцентный анализ			2				Устный опрос
2.3	Применение конкретных методик ИФА в биохимической диагностике						2	Письменный опрос
3	Неорганическая люминесценция	2		2				
3.1	Рекомбинационная фотолюминесценция	2						
3.2	Практическое применение неорганических люминофоров (люминофоры для люминесцентных ламп)			2				Научное сообщение
4	Люминесценция редкоземельных ионов	2						

5	Практическое применение люминесценции ионов РЗЭ.	2					2	
5.1	Применение люминесценции ионов РЗЭ в оптоэлектронике	2						Научное сообщение
5.2	Наноструктурированные материалы с ионами РЗЭ						2	Контрольная работа
6	Прикладные аспекты использования лазерного излучения	2						
7	Введение в нанофотонику			2				Устный опрос
8	Полупроводниковые гетероструктуры как основа генерации электролюминесцентного излучения	4						
8.1	Светодиодные источники света	2						Экспресс-опрос
8.2	Тонкопленочные электролюминесцентные панели	2						Научное сообщение
9	Принципы OLED-технологии	2						
10	Технологии оптического кодирования с использованием квантовых точек	2						
11	Квантовые точки кремния и германия	2						
12	Люминесценция углеродных наноструктур. Хеми- и биолюминесценция			2				Научное сообщение
13	Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами						2	Контрольная работа
	Итого	22		8			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

Основная:

1. Luminescence: from theory to application/ Ed. by C. Ronda. - Wiley-VCH, 2008. – 260 p.
2. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. –М., Техносфера, 2007. – 368 с.
3. Lanthanide luminescence / Ed. by O.S.Wolfbeis. – Springer, 2011. – 385 p.
4. Luminescent materials and applications/ Ed. by A.Kitai. – John Wiley & Sons, 2008. – 278 p.
5. Gaponenko S.V. Optical Properties of Semiconductor Nanocrystals. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 260 p.
6. Колтовой Н.А.. Хемилюминисценция / Н.А, Колтовой // Москва, 2017. – 145 с.
7. Егорова А.В., Скрипинец Ю.В., Александрова Д.И., Антонович В.П. Сенсibilизированная люминесценция ионов лантанидов и ее применение в биоанализе (обзор). – Методы и объекты химического анализа, 2010. –Т.5, №4. –с. 180-201.
8. Введение в спектральный и люминесцентный анализ: Учеб.-метод. пособие / В.Г. Лещенко.-Мн.: БГМУ, 2002.– 37 с
9. Олейников В. А. Полупроводниковые флуоресцентные нанокристаллы (квантовые точки) в белковых биочипах. -Биоорганическая химия, 2011. -Т.37, № 2. – с. 160 – 173.
10. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. - М.: Физматлит. - 2008. – 496 с.
11. Герасименко Н., Пархоменко Ю. Кремний – материал наноэлектроники. - М., Техносфера, 2007. – 352 с.

Дополнительная:

1. Иванова, Т. Е. Лазеры в хирургии : учеб.-метод. пособие / Т. Е. Иванова, С. А. Жидков. – Минск : БГМУ, 2008. – 32 с
2. Казанкин О.Н. и др. Неорганические люминофоры. - Л., Химия, 1975. – 192 с.
3. Amodio, E. Use of ATP bioluminescence for assessing the cleanliness of hospital surfaces: A review of the published literature (1990 – 2012) / E. Amodio, C. Dino // J. Infect Public Health. – 2014. – Vol. 7. – P. 92 – 98.
4. Applied fluorescence in chemistry, biology and medicine/ Ed. by W.Rettig et al. – Springer, 1999. – 562 p.
5. Yen M.W., Shionoya S., Yamamoto H. Fundamentals of phosphors. –CRC Press, 2007. -335 p.
6. Blasse G., Grabmayer B.C. Luminescent materials. –Springer, 1994. -233 p.
7. Девярых Э.В., Дадонов В.Ф. Люминесцентные лампы. Люминофоры и люминофорные покрытия. – Саранск. Изд-во Мордовского ун-та, 2007. – 344 с.
8. Spectroscopic properties of rare earth in optical materials/ Ed. by G. Liu, B. Jacquier. –Springer, 2005. -550 p.
9. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Щукин В.А. и др. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры (обзор). – Физика и техника полупроводников, 1998. –Т.32, №4. – с. 385 – 410.
10. Artemyev M. V. Quantum dots in photonic dots. -Appl. Phys. Lett., 2000. -V. 77, N 11. -p. 3873.
11. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. — М.: Физматлит, 2007. — 416 с
12. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур. - Физика и техника полупроводников, 1998. - Т.32, № 1. - с.3-18.
13. Давиденко Ю. Высокоэффективные современные светодиоды. - Современная электроника, 2004. -№1. -с.36-43.
14. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО. -2009. -195 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Тема: Люминесценция биологических молекул и ее аналитическое применение.

Задание 1. Рассмотреть типы электронных переходов в органических молекулах.

Задание 2. Рассмотреть основы и методы осуществления иммунофлуоресцентного анализа с использованием в качестве метки изотиоцианата флуоресцеина.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии
2. Письменный опрос.

Тема: Практическое применение люминесценции ионов РЗЭ.

Задание 1. Описать типы электронных переходов в ионах РЗЭ.

Задание 2. Подготовить письменное сообщение об одной из структур с ионами РЗЭ (на выбор), методах ее получения и спектрально-люминесцентных характеристиках.

Перечень средств диагностики:

1. Контрольная работа,
2. Научное сообщение с презентацией

Тема: Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами

Задание 1. Поэтапно охарактеризовать, как происходит формирование нанокристаллов германия на поверхности монокристаллического кремния методом молекулярно-лучевой эпитаксии и пояснить, в чем особенность этих нанокристаллов.

Задание 2. Описать, как изменяется спектр поглощения и спектр люминесценции квантовой точки $A^{II}B^{VI}$ при изменении размера частиц.

Задание 3. Предложить принципиальную схему светоизлучающего устройства на квантовых точках.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии
2. Контрольная работа.
3. Научное сообщение с презентацией.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ по теме 2 «Люминесценция биологических молекул», по теме 7 «Введение в нанофотонику».
2. Контрольная работы по теме 5 «Практическое применение люминесценции ионов РЗЭ» и теме 13 «Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами».
3. Научное сообщение по результатам информационного поиска.
4. Устный зачет по дисциплине.

ТЕМАТИКА НАУЧНЫХ СООБЩЕНИЙ

1. Люминесцентный анализ: практическое применение.
2. Применение люминесценции в криминалистике.
3. Люминесценция биологических объектов.
4. Хемилюминесценция: закономерности, механизмы, примеры реакций.
5. Наноалмазы: причины и механизмы люминесценции, перспективы применения.
6. Усиление люминесценции вблизи металлических поверхностей.
7. Люминесценция углеродных нанотрубок.
8. Квантовые компьютеры.
9. Количественные характеристики освещенности (люмен, люкс, кандела). Сравнение различных источников света по эффективности.
10. Флуоресцентная и конфокальная микроскопия.
11. Применение полупроводниковых квантовых точек в мультиплексном иммунофлуоресцентном анализе

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (приказ ректора БГУ от 18.05.2015 № 382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Бионеорганическая химия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол № 13 от 21.05.2018

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № _ от _____ г.)

(название кафедры)

Заведующий кафедрой

Кандидат химических наук, доцент _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Е.И. Василевская

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Доктор химических наук,

Член-корр. НАН Беларуси _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)