

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Л. Толстик

(подпись)

_____ 2016
(дата утверждения)

Регистрационный № УД-1971 /уч.

Электро- и фотолуминесцентные системы

Учебная программа для специальности:

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 04-2013 и учебного плана G-31-147/уч 2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 12.04.2016 г.);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского
государственного университета

(протокол № 5 от 05 мая 2016 г.)



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Электро- и фотолюминесцентные системы» предназначена для студентов химического факультета, обучающихся по специальности «Фундаментальная химия» и является дисциплиной по выбору студента. 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 дисциплинами «Химия твердого тела», «Нанохимия». Поскольку электро- и фотолюминесцентные устройства постоянно совершенствуются и имеют разноплановые применения, для изучения курса привлекаются отдельные темы физики полупроводников, биохимии и иммунохимических методов анализа.

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.

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);

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 05 04 «Фундаментальная химия»:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК 5. Комплексно применять физические и физико-химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.

ПК 6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.

ПК 7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.

ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

Производственно-технологическая деятельность:

ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.

ПК-10. Разрабатывать и масштабировать новые технологические процессы, разрабатывать и утверждать нормативно-технологическую документацию, проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.

ПК-11. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-13. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологических процессов.

ПК-19. Вести переговоры, устанавливать контакты, проводить презентации, выступать на научных конференциях.

Дисциплина преподается в 7 семестре четвертого курса. Общее количество часов для изучения дисциплины - 70, аудиторных 38 (лекции – 24, 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.

Поляризация люминесценции. Энергетический и квантовый выход люминесценции. Кинетика люминесценции. Пути дезактивации возбужденного состояния (внутренне, внешнее, концентрационное тушение). Межмолекулярный перенос энергии по механизму Ферстера и механизму Декстера. Сенсбилизация люминесценции. Приборы для регистрации люминесценции. Принципы флуоресцентной спектроскопии. Источники возбуждения. Эффекты, оказывающие влияние на корректную регистрацию спектров фотолюминесценции (эффекты внутреннего фильтра, реабсорбции).

2. Люминесценция органических молекул

Схема энергетических уровней органических люминофоров (диаграмма Яблонского). Соответствие электронных переходов линиям в спектре люминесценции. Молекулярная флуоресценция, фосфоресценция, замедленная флуоресценция. Безызлучательные переходы: внутренняя конверсия и колебательная релаксация. Интеркомбинационная конверсия. Классификация органических люминофоров. Структурные особенности органических люминофоров. Влияние структуры молекулы, растворителя, примесей тяжелых атомов, температуры на люминесценцию органических молекул. Эффект Шпольского.

Собственная люминесценция биологических молекул. Люминесцирующие аминокислоты. Прямой и непрямой иммунофлуоресцентный анализ. Применение люминесцентных меток в иммунофлуоресцентном анализе.

3. Фотолюминесценция в неорганических кристаллах

Активированная и неактивированная люминесценция кристаллофосфоров. Рекомбинационные и характеристические люминофоры, особенности их химического состава и люминесценции. Зонная структура рекомбинационных и характеристических люминофоров. Электронные переходы в кристаллофосфорах под действием света. Типы рекомбинационной фотолюминесценции: межзонная, экситонная, примесная. Кинетика люминесценции люминофоров характеристического и рекомбинационного типа.

Принципы синтеза неорганических люминофоров. Фотолюминесцентные системы, применяемые для освещения. Люминесцентные лампы низкого и высокого давления. Требования, предъявляемые к люминофорам люминесцентных ламп. Соединения, используемые при изготовлении люминесцентных ламп (активированные галофосфаты, ортофосфаты, ортосиликаты, фторгерманаты) и особенности их спектров излучения.

4. Люминесценция редкоземельных ионов

Ионы редкоземельных элементов (РЗЭ) в качестве оптически активных центров. Запрещенные и разрешенные электронные переходы в ионах РЗЭ. Спектроскопия свободных ионов РЗЭ. Штарковское расщепление уровней. Люминесценция кристаллов и стекол с ионами РЗЭ.

Характеристика спектров возбуждения и люминесценции на примере иона европия (III). Сверхчувствительный и магнито-дипольный переход. Миграция и перенос энергии электронного возбуждения. Особые виды переноса: кросс-релаксация и ап-конверсия. Сенсibilизация люминесценции ионов РЗЭ. Механизм сенсibilизации органическим лигандом (Кросби). Классификация ионов РЗЭ по Вану и Кросби.

5. Современные и перспективные фотолюминесцентные материалы на основе соединений РЗЭ.

Проблема интегрирования микроэлектронных приборов и светоизлучающих устройств на кремниевой подложке. Фотолюминесцентные системы на основе структур Er:Si/SiO₂. Методы получения, механизм возникновения излучения, особенности спектров люминесценции.

Фотонные кристаллы. Люминесценция ионов РЗЭ в опаловых матрицах.

Физические основы усиления люминесценции ионов РЗЭ вблизи металлических поверхностей. Поверхностный плазмонный резонанс. Способы создания нанотекстурированных металлических поверхностей. Комбинация фотонных кристаллов и металлических поверхностей. Наноструктурированные материалы с ионами РЗЭ.

Фотолюминесцентные системы на основе комплексов ионов РЗЭ с органическими лигандами: применение в биовизуализации и биоанализе. Косвенный флуоресцентный анализ.

6. Электролюминесценция в твердых телах

Факторы, обуславливающие возникновение электролюминесценции в полупроводниках. Виды электролюминесценции: инжекционная, предпробойная. Механизм возникновения электролюминесценции при прямом включении р-п перехода в полупроводнике. Энергетические диаграммы р-п перехода при включении тока в прямом и обратном направлении в р-п переходе. Вольт-амперная характеристика р-п перехода.

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.

Эффект Дестрио. Механизм ударной ионизации при приложении переменного тока к сульфиду цинка, легированному медью. Факторы, определяющие цвет свечения порошковых электролюминофоров.

7. Неорганические и органические электролюминесцентные системы

Принцип работы и устройство неорганических светодиодов. Особенности спектров излучения светодиодов. Принципы получения многоцветных и белых светодиодов. Химические соединения, используемые в светодиодах. Использование эффекта Дестрио в электролюминесцентных панелях. Тонкопленочные электролюминесцентные системы: структура и перспективы применения.

Понятие об органических электролюминесцентных системах (OLED). Структура и энергетическая диаграмма однослойного OLED. Принципы

синтеза OLEDs. OLEDs на полимерах с системой сопряженных связей. Многослойные OLEDs: структура и энергетическая диаграмма. OLEDs на основе органических комплексов ионов редкоземельных элементов. Преимущества и недостатки органических электролюминесцентных систем. Перспективы использования.

8. Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами.

Понятие о квантовых точках. Зонная структура квантовой точки. Принципы синтеза квантовых точек соединений $A^{II}B^{VI}$. Высокотемпературный органометаллический синтез CdSe. Создание оболочек и модификация поверхности. Особенности спектров поглощения и люминесценции квантовых точек CdSe.

Технология оптического кодирования. Перспективы применения квантовых точек в планарных и жидких биочипах. Мультиплексное детектирование с использованием квантовых точек $A^{II}B^{VI}$. Детектирование в формате FRET.

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 nanoостровков германия при эпитаксиальном росте на поверхности кремния. Особенности спектров люминесценции.

Квантовые точки соединений $A^{III}B^V$. Формирование самоорганизованных nanoостровков InAs на поверхности GaAs. Механизм возникновения люминесценции квантовых точек арсенида индия в матрице арсенида галлия. Влияние размеров островков на спектры люминесценции.

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

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные характеристики люминесценции	4						
1.1	Условия возникновения и эмпирические законы люминесценции	2						
1.2	Межмолекулярный перенос энергии	2						
2	Люминесценция органических молекул	2		2			2	
2.1	Электронные переходы в органических молекулах	2						
2.2	Люминесценция биологических молекул			2				Устный опрос
2.3	Зависимость люминесцентных свойств органических соединений от их структуры, условий возбуждения, температуры.						2	Контрольная работа
3	Фотолюминесценция в неорганических кристаллах	2		2				
3.1	Зонная схема рекомбинационных и характеристических люминофоров	2						
3.2	Практическое применение неорганических люминофоров (люминофоры для люминесцентных ламп)			2				Экспресс-опрос Доклад на семинаре
4	Люминесценция	2						

	редкоземельных ионов							
5	Современные и перспективные фотолюминесцентные материалы на основе соединений РЗЭ.	2					2	
5.1	Применение люминесценции ионов РЗЭ в оптоэлектронике	2						
5.2	Наноструктурированные материалы с ионами РЗЭ						2	Письменный опрос
6	Электролюминесценция в твердых телах	2		2				
6.1	Механизмы электролюминесценции в твердых телах	2						
6.2	Построение зонных диаграмм гетеропереходов с различным типом проводимости			2				Доклад на семинаре
7	Неорганические и органические электролюминесцентные системы	4						
7.1	Светодиодные источники света и электролюминесцентные панели	2						
7.2	Органические светоизлучающие устройства	2						
8	Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами	6		2			2	
8.1	Принципы синтеза полупроводниковых нанокристаллов	2						
8.2	Применение квантовых точек в мультиплексном	2						

	анализе							
8.3	Люминесценция углеродных наноструктур	2						
8.4	Механизм возникновения и основные характеристики люминесценции органических и неорганических систем при электровозбуждении			2				Устный опрос
8.5	Принципы конструирования электролюминесцентных устройств, содержащих органические полимеры, комплексы s-, p-, d-, f-металлов, квантовые точки соединений $A^{II}B^{VI}$.						2	Контрольная работа
	Итого	24		8			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

Основная:

1. Казанкин О.Н. и др. Неорганические люминофоры. - Л., Химия, 1975. – 192 с.
2. Luminescence: from theory to application/ Ed. by C. Ronda. - Wiley-VCH, 2008. – 260 p.
3. Красовицкий Б.М., Болотин Б.М.. Органические люминофоры. - М., Химия, 1984. -336 с.
4. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. –М., Мир, 1986. – 496 с.
5. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. –М., Мир, 1972. – 510 с.
6. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. - М.: Физматлит. - 2008. – 496 с.
7. Верещагин И.К. Электролюминесценция кристаллов. М.: Наука, 1974.—205 с.
8. Антонов-Романовский В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллофосфоров. -М.: Наука, 1966. —323 с.
9. Лёвшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и её измерения. - М.: Изд-во МГУ 1989.—272 с.
10. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. –М., Техносфера, 2007. – 368 с.
11. Герасименко Н., Пархоменко Ю. Кремний – материал нанoeлектроники. - М., Техносфера, 2007. – 352 с.

Дополнительная:

1. Luminescent materials and applications/ Ed. by A.Kitai. – John Wiley & Sons, 2008. – 278 p.
2. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. –М.: Высшая школа, 1971. – 336 с.
3. Applied fluorescence in chemistry, biology and medicine/ Ed. by W.Rettig et al. – Springer, 1999. – 562 p.
4. Фок М. В. Электролюминесценция. - Успехи физических наук, 1960. - Т. LXXII, № 3. -с. 467-478.

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. Олейников В. А. Полупроводниковые флуоресцентные нанокристаллы (квантовые точки) в белковых биочипах. -Биоорганическая химия, 2011. -Т.37, № 2. – с. 160 – 173.
8. Девятых Э.В., Дадонов В.Ф. Люминесцентные лампы. Люминофоры и люминофорные покрытия. – Саранск. Изд-во Мордовского ун-та, 2007. – 344 с.
9. Lanthanide luminescence / Ed. by O.S.Wolfbeis. – Springer, 2011. – 385 p.
10. Spectroscopic properties of rare earth in optical materials/ Ed. by G. Liu, B. Jacquier. –Springer, 2005. -550 p.
11. 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.
12. 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.
13. Artemyev M. V. Quantum dots in photonic dots. -Appl. Phys. Lett., 2000. - V. 77, N 11. -p. 3873.
14. Кюри Д. Люминесценция кристаллов. - М.: Изд-во И.Л., 1961.—199с.
15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. — М.: Физматлит, 2007. — 416 с
16. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур. - Физика и техника полупроводников, 1998. - Т.32, № 1. - с.3-18.
17. Давиденко Ю. Высокоэффективные современные светодиоды. - Современная электроника, 2004. -№1. -с.36-43.
18. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО. -2009. -195 с.
19. Gaponenko S.V. Optical Properties of Semiconductor Nanocrystals. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 260 p.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Тема: Люминесценция органических молекул.

Задание 1. Рассмотреть типы электронных переходов в органических молекулах.

Задание 2. Описать механизмы внутреннего и внешнего тушения люминесценции.

Задание 3. Рассмотреть влияние функциональных групп и заместителей на спектры поглощения и спектры люминесценции органических соединений.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии
2. Контрольная работа.

Тема: Современные и перспективные фотолюминесцентные материалы на основе соединений редкоземельных элементов.

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: письменный опрос

Тема: Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами

Задание 1. Постадийно 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.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ по теме 1 «Основные характеристики люминесценции» и теме 8 «Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) с люминесцентными свойствами».

2. Контрольная работы по теме 2 «Люминесценция органических молекул» и теме 7 «Неорганические и органические электролюминесцентные системы».

3. Коллоквиум по теме 5 «Современные и перспективные фотолюминесцентные материалы на основе соединений РЗЭ».

4. Устный зачет по дисциплине.

ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ НА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ

1. Люминесцентный анализ: практическое применение.
2. Применение люминесценции в криминалистике.
3. Люминесценция биологических объектов.ё
4. Хемилюминесценция: закономерности, механизмы, примеры реакций.
5. Наноалмазы: причины и механизмы люминесценции, перспективы применения.

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)
Химия твердого тела	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №11 от 12.04.2016 г.
Нанохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №11 от 12.04.2016 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на 2017/2018 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	<i>№5</i>	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 23.06.12 г.)

(название кафедры)

Заведующий кафедрой

Член-корр. НАН Беларуси

(ученая степень, ученое звание) (подпись)



Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Доктор химических наук,

Член-корр. НАН Беларуси

(ученая степень, ученое звание) (подпись)



Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на 2018/2019 учебный год**

№№ п/п	Дополнения и изменения	Основания
	<i>№5</i>	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии (протокол 14 от 4 июня 2018 г.)

Заведующий кафедрой

к.х.н., доц.

(степень, звание)


(подпись)

Е.И. Василевская

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д.х.н., профессор, член-корр. НАНБ

(степень, звание)


(подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на 2020 / 2021 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1	<p>В связи с необходимостью профилактики распространения коронавирусной инфекции, а также с целью развития дистанционных образовательных технологий</p> <p>-перенести 20 часов лекций (по темам 2 – 8) из аудиторных занятий в лекции (ДО)</p> <p>-перенести 2 часа семинарских занятий по теме 2, 2 часа семинарских занятий по теме 8 из аудиторных занятий в семинары (ДО)</p> <p>- перенести 2 часа занятий УСР по теме 2, 2 часа занятий УСР по теме 5 из аудиторных занятий в семинары (ДО)</p>	<p>Методические рекомендации Главного управления образовательной деятельности</p>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № 14 от 04.05.2020.)

Заведующий кафедрой _____

Е.И. Василевская

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Член-корр. НАН Беларуси _____

Д.В. Свиридов