

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
О.Г.Прохоренко
«20» декабря 2022 г.
Регистрационный № УД- 11550/уч.



Лабораторный спецпрактикум по модулю

«Радиация и биологические системы»

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-100 80 01 Ядерная и радиационная безопасность

Профилизация:

Радиационная защита и культура ядерной безопасности

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-100 80-01-2022 типового учебного плана № Р-100-2-001/пр.-тип. от 09.02.2022 г. и учебного плана Р-100-177/уч. от 22.02.2022 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Свердлов Р.Л. – заведующий кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.В. Волчек, доцент кафедры фармакологии УО «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 12.12.2022 г.)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 15.12.2022 г.)

Зав. кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий

Р.Л.Свердлов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – формирование компетенций по организации, планированию и проведению фотохимических исследований, установление влияния излучений видимого и ультрафиолетового диапазона на устойчивость и превращения органических и неорганических веществ, которые моделируют процессы под действием электро-магнитного излучения в биосистемах.

Задачи дисциплины:

- дать информацию об основных закономерностях протекания фотохимических превращений органических и неорганических соединений при поглощении неионизирующего электромагнитного излучения;
- раскрыть методику современных фотохимических исследований.

Курс структурно разделен на три раздела, отражающих его внутреннюю логику, и включает отдельные темы фотохимии и фотобиологии.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием. Дисциплина относится к модулю «Радиация и биологические системы» компонента учреждения высшего образования.

Данный курс связан с такими дисциплинами как «Химические основы радиационной биологии».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Лабораторный спецпрактикум по модулю «Радиация и биологические системы» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальных компетенций:

УК-2. Развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности.

УК-4. Быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности.

специальных компетенций:

СК-4. Давать рекомендации по профилактике, минимизации и защите организма и окружающей среды от радиационного воздействия на основе понимания видов и свойств ионизирующего излучения, механизмов его взаимодействия с веществом, в том числе с биологическими объектами.

СК-5. Оценивать вредное воздействие экстремальных факторов окружающей среды на человеческую популяцию и разрабатывать меры по оптимизации этого воздействия.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основы фотохимии, ее основополагающие теории и законы;
- современные тенденции в описании фотохимических превращений молекул;
- место фотохимии в обществе, природе, системе естественных наук;

уметь:

- самостоятельно решать методологические проблемы при проведении фотохимических исследований;
- применять свои знания для решения прикладных задач в области фотохимии;
- производить все промежуточные вычисления при выводе основных соотношений в рамках данного курса;
- оценивать возможности фотохимических методов для моделирования и изучения процессов в природных и техногенных объектах, подвергающихся воздействию излучения;

владеть:

- теоретическими знаниями на уровне, позволяющем ему работать в области фотохимии и других областях науки и техники, предполагающих использование фотохимических закономерностей;
- методологией выбора фотохимического метода анализа, а также иных методов анализа, необходимых для установления продуктов фотохимических превращений;
- теоретическими представлениями о классических и современных фотохимических процессах и технологиях, применяемых в производстве.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина преподается во втором семестре. Общее количество часов для изучения дисциплины – 90, в том числе аудиторных часов – 36, из них: лабораторные занятия – 36 часов.

Форма получения второй ступени высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

Количество зачетных единиц – 3.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Природа и свойства электронно-возбужденных состояний.

Тема 1.1. Свет и вещество. Законы фотохимии.

Характеристики электромагнитного излучения и света. Длина волны, частота, волновое число, энергия, мощность излучения. Единицы измерения и соотношения между ними. Взаимодействие света с веществом. Единицы энергии.

Законы поглощения, отражения и преломления. Закон Ламберта-Бера. Случай отклонения от закона Ламберта-Бера. Причины и использование. Коэффициент экстинкции, зависимость от длины волны. Электронный спектр как характеристика вещества. Характерные спектры некоторых классов веществ. Хромофоры.

Химическая актинометрия.

Тема 1.2. Молекула и её взаимодействие со светом.

Электронные конфигурации и электронные состояния. Переходы между конфигурациями основного и возбуждённых состояний. Диаграмма Яблонского. Пути деградации энергии поглощённого кванта. Излучательные и безызлучательные переходы. Принцип Франка – Кондона. Номенклатура переходов и состояний. Вероятности переходов. Синглетные и триплетные состояния. Отличия.

Флуоресценция и фосфоресценция. Спектры. Сходства и различия. Эксимеры, эксиплексы, комплексы с переносом заряда. Переходные моменты. Вынужденное и спонтанное излучение. Интенсивность электронных переходов.

Фотохимическое разложение пероксида водорода.

Раздел 2. Экспериментальные методы фотохимии.

Тема 2.1. Источники света. Измерение интенсивности света.

Газоразрядные источники света (ртутные лампы, лампы на инертном газе, водородная и дейтериевая лампы, другие газоразрядные лампы). Лампы накаливания. Способы монохроматизации света. Лазеры (принцип работы лазера, использование лазеров в фотохимии, получение гигантских импульсов).

Типы приемников. Параметры, характеризующие свойства и возможности приемников различных типов. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, фотосопротивления, фотодиоды, квантовые счетчики. Химические актинометры. Ферриоксалатный актинометр. Соли Рейнике. Лейкоформа малахитового зеленого.

Фотохимические превращения красителей.

Тема 2.2. Спектроскопические методы. Импульсные методы исследования. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.

Абсорбционная спектроскопия. Фотоэмиссионная спектроскопия: флуоресценция, фосфоресценция, поляризационные измерения. Хемилюминесценция и биолюминесценция.

Флеш-фотолиз. Аппаратура. Типы установок импульсного фотолиза (кинетическая и спектрографическая). Импульсные фотолитические лампы. Применение импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов. Импульсная спектроскопия.

Применение метода ЭПР в фотохимии. Принцип метода ЭПР. Тонкое и сверхтонкое взаимодействие. Характеристики спектров ЭПР. Метод спиновых меток и зондов. Метод спиновых ловушек.

Фотохимические превращения азотистых оснований.

Раздел 3. Применение фотохимических процессов.

Тема 3.1. Фотохимические превращения.

Фотохимический синтез. Фотохромизм. Фотография. Голография. Фотодеструкция и светостабилизация материалов. Фотохимическое преобразование солнечной энергии. Фотохимические процессы в атмосфере и проблемы экологии. Фотокаталитические реакции и их практическое применение. Фотополимеризация.

Тема 3.2. Фотохимические процессы в живых организмах.

Фотосинтез. Фотохимические основы зрительного процесса. Фотобиологические процессы в коже. Фотосенсибилизаторы в медицине. Фотодинамическая диагностика и терапия.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Природа и свойства электронно-возбужденных состояний							
1.1.	Свет и вещество. Законы фотохимии.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы
1.2.	Молекула и её взаимодействие со светом.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы
2.	Экспериментальные методы фотохимии							
2.1.	Источники света. Измерение интенсивности света.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы

2.2.	Спектроскопические методы. Импульсные методы исследования. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы
3.	Применение фотохимических процессов.							
3.1.	Фотохимические превращения.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы
3.2.	Фотохимические процессы в живых организмах.				6			Устный опрос. Отчет и защита лабораторной работы
	Итого				36			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы:

1. Серова, В.Н. Фотохимия: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям. / В.Н. Серова. – Москва : Юрайт, 2021. – 157 с.
2. Филимонов, М.М. Радиобиология : пособие для студ. / М. М. Филимонов, Д. А. Новиков ; БГУ. – Минск : БГУ, 2015.
3. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учебник для студ. вузов / Ю. Б. Кудряшов ; под ред. В. К. Мазурика, М. Ф. Ломанова ; [МГУ им. М. В. Ломоносова]. - Москва : Физматлит, 2004. - 443с.

Перечень дополнительной литературы:

1. Введение в фотохимию органических соединений / [Г. О. Беккер и др.] ; под ред. Г. О. Беккера ; пер. с нем. Э. Р. Захса, В. С. Кузнецова ; под ред. А. В. Ельцова. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1976. – 379 с.
2. Калверт, Дж. Фотохимия / Дж. Калверт, Дж. Питтс ; пер. с англ. Р. Н. Нурмухаметова, М. Г. Кузьмина, Б. М. Ужинова ; под ред. Р. Ф. Васильева. - Москва : Мир, 1968. - 672 с.
3. Окабе, Х. Фотохимия малых молекул / Х. Окабе ; пер. с англ. М. В. Козьменко, Н. А. Садовского ; под ред. М. Г. Кузьмина. - Москва : Мир, 1981. - 500 с.
4. Рабек, Ян. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике : в 2 т. Т. 1 / Ян Рабек ; пер. с англ. В. И. Сидельникова, С. К. Чаморовского ; под ред. А. Ю. Борисова. - Москва : Мир, 1985. - 608 с.
5. Рабек, Ян. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике : в 2 т. : пер. с англ. Т. 2 / Ян Рабек ; под ред. А. Ю. Борисова; пер. А. П. Разживина, С. К. Чаморовского. - Москва : Мир, 1985. - [4], С. 613–1150
6. Лакович, Джозеф. Основы флуоресцентной спектроскопии / Джозеф Лакович ; под ред. М. Г. Кузьмина ; пер. с англ. М. В. Козьменко, А. П. Савицкого. - Москва : Мир, 1986. - 496 с.
7. Уэйн, Р. Основы и применение фотохимии / Р. Уэйн. - М.: Мир, 1991
8. Вертц, Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР / Дж. Вертц, Дж. Болтон ; пер. с англ. М. Г. Гольдфельда ; под ред. Л. А. Блюменфельда. - Москва : Мир, 1975. - 548 с.
9. Современные методы биофизических исследований : практикум по биофизике : учеб. пособие для студ. биол. спец. ун-тов. - Москва : Высшая школа, 1988.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

1. Устные опросы по темам «Свет и вещество. Законы фотохимии», «Молекула и её взаимодействие со светом», «Источники света. Измерение интенсивности света», «Спектроскопические методы. Импульсные методы исследования. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса», «Фотохимические превращения», «Фотохимические процессы в живых организмах».

2. Подготовка отчетов по лабораторным работам по темам «Свет и вещество. Законы фотохимии», «Молекула и её взаимодействие со светом», «Источники света. Измерение интенсивности света», «Спектроскопические методы. Импульсные методы исследования. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса», «Фотохимические превращения», «Фотохимические процессы в живых организмах».

При оценке устного опроса учитывается вовлеченность студента в опрос, наличие грамотной аргументации, привлечение знаний, полученных в ходе предыдущих лекционных занятий.

При оценивании отчета по лабораторной работе учитывается полнота и логичность ответа, грамотность и стиль изложения, корректность оформления.

Форма текущей аттестации – зачет. Итоговая отметка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013);

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование отметки за текущую успеваемость:

- выполнение и защита лабораторных работ – 80 %
- участие в устных опросах – 20 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и зачетной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 50 %, зачетной отметки – 50 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

1. Химическая актинометрия.
2. Фотохимическое разложение пероксида водорода.
3. Фотохимические превращения красителей.
4. Фотохимические превращения азотистых оснований.
5. Фотохимическая полимеризация.
6. Фотохимические превращения карбонильных соединений.

Описание инновационных подходов и методов преподавания учебной дисциплины

При организации учебного процесса используются:

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма, понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

метод учебной дискуссии, предполагающий участие обучающихся в целенаправленном обмене мнениями, идеями по определенной проблеме для предъявления и (или) согласования существующих позиций.

практико-ориентированный подход, предполагающий освоение дисциплины через решение практических задач.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

1. Разработка и составление пакета групповых или индивидуальных заданий; изложение основных требований их выполнения.
2. Использование современных инновационных технологий: размещение в сетевом доступе учебных и учебно-методических материалов (программа дисциплины, темы рефератов, список рекомендуемой литературы и другие материалы).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия фотохимии.
2. Природные фотохимические процессы.
3. Фотохимия атмосферы.
4. Характеристики электромагнитного излучения и света. Единицы энергии. Единицы измерения и соотношения между ними.
5. Взаимодействие света с веществом.
6. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера.
7. Основные фотометрические величины. Квантовый выход.
8. Кинетика фотохимической реакции.

9. Электронные конфигурации и электронные состояния.
10. Электронные переходы между конфигурациями основного и возбуждённых состояний. Электронные переходы в молекулах органических веществ.
11. Электронный спектр как характеристика вещества.
12. Первичные фотофизические процессы. Диаграмма Яблонского. Излучательные и безызлучательные переходы.
13. Принцип Франка – Кондона. Правило Каши.
14. Флуоресценция и фосфоресценция. Стоксов сдвиг. Закон зеркальной симметрии.
15. Тушение флуоресценции. Эксимеры, эксиплексы.
16. Газоразрядные источники света (ртутные лампы, лампы на инертном газе)
17. Водородная и дейтериевая лампа, другие газоразрядные лампы. Лампы накаливания.
18. Светодиоды. Органические светодиоды.
19. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры (принцип работы лазера).
20. Лазеры. Режимы работы лазеров. Характеристики лазерного излучения.
21. Способы монохроматизации света. Светофильтры, по принципу действия.
22. Измерение интенсивности света.
23. Химические актинометры. Требования. Твердотельные, газовые и жидкостные химические актинометры.
24. Абсорбционная спектроскопия. Молекулярный абсорбционный анализ.
25. Виды спектроскопии. Фотоэмиссионная спектроскопия.
26. Определение и классификация люминесценции. Спектрофлуориметрия. Флуоресцентные метки и зонды.
27. Хемилюминесценция и биолюминесценция.
28. Импульсные методы исследования.
29. Принципиальные схемы установки лампового и импульсного лазерного импульсного фотолиза.
30. Принцип метода ЭПР. Эффект Зеемана. Устройство и принцип работы ЭПР-спектрометра.
31. Классификация и особенности фотохимических реакций. Механизмы фотодиссоциации двухатомных молекул.
32. Фотохимическая диссоциация (n, σ^*)-, (n, π^*)-, (π, π^*)-возбужденных состояний. Фотохимическая диссоциация галогенов и галогенпроизводных.
33. Реакции межмолекулярного фотозамещения. Реакции межмолекулярного фотозамещения ароматических соединений.
34. Фотозамещение. Механизмы. Реакции внутримолекулярного фотозамещения.
35. Присоединение типа $\pi + \sigma$. Присоединение типа $\pi + \pi$ (циклоприсоединение).

- 36.Перициклические реакции. Правила Вудворда-Хоффмана. Теория граничных молекулярных орбиталей. Концепция «Ароматического переходного состояния»
- 37.Реакции фотоизомеризации. Реакции цис-, транс- фотоизомеризации. Реакции валентной фотоизомеризации. Фототаутомерия.
- 38.Фотоизомеризации координационных соединений.
- 39.Реакции перегруппировки. Перегруппировки α,β -ненасыщенных кетонов, гетероциклов. Перегруппировки с перемещением кислорода. Фотореакция Фриса.
- 40.Фотохимические окислительно-восстановительные реакции. Фотовосстановление карбонильных соединений.
- 41.Фотохимические окислительно-восстановительные реакции. Фотовосстановление ароматических и гетероароматических соединений. Фотовосстановление красителей.
- 42.Реакции фотоокисления. Сенсibilизированные реакции фотоокисления.
- 43.Окислительно-восстановительные фотореакции комплексных соединений.
- 44.Фотохромизм.
- 45.Фотохимия предельных и непредельных углеводородов. *цис*, *транс*-Изомеризация алкенов. Фотосенсibilизированная геометрическая изомеризация алкенов.
- 46.Фотохимические превращения диенонов и родственных соединений. Синтез витамина D. Фотосенсibilизированные реакции присоединения алкенов.
- 47.Фотохимия галоидсодержащих соединений. Фотодиссоциация галогенов и галогенпроизводных. Фотоприсоединение галогеноводородов и полигалогеналканов к алкенам.
- 48.Фотохимия азосоединений, аминов.Фотохимия diaзосоединений, соли diaзония.
- 49.Фотохимия нитросоединений. Органические нитриты, нитраты и нитрилы.
- 50.Фотохимические превращения карбонильных органических соединений.
- 51.Фотохимические реакции α -разрыва (расщепление типа I по Норришу). Фотораспад амидов.
- 52.Фотохимические реакции с отрывом атома водорода (фотовосстановление и расщепление типа II по Норришу).
- 53.Фотохимические реакции циклоприсоединения и перегруппировки карбонильных органических соединений.
- 54.Фотохимия ароматических углеводородов и гетероциклических соединений. Реакции фотораспада, фотоизомеризации ароматических соединений.
- 55.Фотоприсоединение ароматических систем. Реакции фотозамещения в ароматическом ядре.

56. Фотоповреждение липидов биомембран. Реакции фотоокисления липидов. Продукты фотоокисления липидов. Фотораспад сфинголипидов.
57. Фотохимия нуклеиновых кислот. Реакции фотодимеризации и фотодегидротации молекул ДНК. Сшивка с белками.
58. Фотохимические превращения в белках. Реакции фотоионизации аминокислот. Фотодеструкция гидроксилсодержащих дипептидов. Взаимодействие аминокислот и дипептидов с сольватированными электронами.
59. Фотография. Дагеротипия. Галогеносеребряная фотография.
60. Фотосинтез. Фотосинтетические пигменты.
61. Фотохимические основы зрительного процесса.
62. Фотобиологические процессы в коже. Пигментация кожи (загар).
63. Фотодинамическая диагностика и терапия. Фотосенсибилизаторы в медицине.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химические основы радиационной биологии	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	нет	протокол № 6 от 12.12.2022

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на _____ / _____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий (протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси

Д.В. Свиридов