

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
УР

_____ А.Е. Рудин

« 21 » 02 2023 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.01.01 Основы фотохимии

Учебный план: 2023-2024 18.04.01 ИПХиЭ ХТБВКиВМ ОО №2-1-97.plx

Кафедра: **54** Химических технологий им. проф. А.А. Хархарова

Направление подготовки:
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая технология биоактивных веществ, красителей и волокнистых
(специализация) материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
2	УП	17	17	47	27	3	Экзамен
	РПД	17	17	47	27	3	
Итого	УП	17	17	47	27	3	
	РПД	17	17	47	27	3	

Санкт-Петербург
2023

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

доктор химических наук, Доцент

Мызников Л. В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой химических технологий им.
проф. а.а. хархарова

Сашина Елена
Сергеевна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сашина Елена
Сергеевна

Методический отдел: Макаренко С.В.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающихся в области фотохимии, для решения задач профессиональной деятельности связанных с применением окрашенных соединений при колорировании различных материалов.

1.2 Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с теорией поглощения света веществом, дать представление о электронных состояниях молекул и процессы диссипации и передачи энергии электронного возбуждения, раскрыть особенности экспериментальных приемов фотохимического эксперимента, продемонстрировать основные приемы и методы фотохимического синтеза, привить целостного естественнонаучного мировоззрения.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Введение в химию природных красителей

Философские проблемы науки и техники

Научно-исследовательская работа

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок

Знать: основные закономерности взаимодействия света с веществом, излучательные и безызлучательные процессы, связанные с поглощением и света и преобразованием его энергии; электронную структуру молекул и типы возбужденных состояний; диаграммы состояний и пути деградации электронного возбуждения.

Уметь: применять полученные знания для интерпретации экспериментальных данных, с точки зрения механизма и эффективности протекания фотохимического процесса

Владеть: методами анализа органических веществ на основе поглощения и излучения света – спектрофотометрией и флуориметрией

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Введение в фотохимию. Связь строения органических соединений с их спектрами поглощения	2					
Тема 1. Введение. Характеристика света в области энергий электронных переходов органических соединений и красителей. УФ, видимая, ИК составляющие электромагнитного излучения. Закон Бугера-Ламбера-Бера. Понятие о спектре поглощения.		2		6	ГД	О
Тема 2. Связь спектров поглощения органических соединений с их строением. Влияние среды на спектры поглощения. Лабораторная работа: Связь спектров поглощения со строением органических соединений, сольватохромизм.		2	8	6	ГД	
Раздел 2. Теоретические основы фотохимии органических соединений						
Тема 3. Диаграммы состояний и пути деградации электронного возбуждения. Диаграмма Яблонского. Флуоресценция, фосфоресценция, внутренняя конверсия, интеркомбинационная конверсия, химические превращения.		2		6	ГД	О
Тема 4. Теоретические основы флуоресценции и фосфоресценции. Лабораторная работа: Определение константы тушения флуоресценции.		2	2	5	ГД	
Раздел 3. Экспериментальные методы фотохимии и фотохимические реакции органических соединений						
Тема 5. Экспериментальные методы фотохимии. Спектрофотометры и спектрофлуориметры. Источники света. Приемники излучения, актинометрические системы.		2		8	ГД	О
Тема 6. Особенности и отличия фотохимических реакций от темновых. Кинетика фотохимических реакций. Лабораторная работа: кинетика затухания люминисценции.		4	4	8	ГД	
Тема 7. Фотохимические реакции органических соединений. Лабораторная работа: фотохимические реакции органических соединений.		3	3	8	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	47		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		36,5		71,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2	<p>Характеризует логику воздействия электромагнитного излучения на материю, перечисляет процессы связанные с выделением и без выделения кванта света, описывает виды фотовозбужденных состояний и направления их деактивации.</p> <p>Объясняет и подтверждает теоретические и практические результаты применительно к выбранной гипотезе преобразования световой энергии.</p> <p>Применяет способы идентификации материалов с использованием закономерностей основанных на воздействии электромагнитного излучения на материю.</p>	<p>Вопросы для письменной работы, практико-ориентированные задания</p>

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)		<p>Описывает без ошибок закономерности взаимодействия света с веществом, связь структуры и спектров поглощения органических соединений, излучательные и безызлучательные процессы происходящие при поглощении света, диаграммы состояний и пути деградации электронного возбуждения, механизмы и кинетику тушения возбужденных состояний, фотосенсибилизированные процессы и их роль в фотохимии.</p> <p>Может перечислить основные типы источников света и их конструкцию. Знает конструкцию спектрофотометров, спектрофлуориметров и фотохимических реакторов.</p> <p>Называет без ошибок особенности протекания и механизмы фотохимических реакций из курса лекций.</p> <p>Правильно называет различия фотохимических реакций от темновых.</p> <p>Правильно описывает экспериментальные методы фотохимического эксперимента для определения спектрально-кинетических характеристик фотоиндуцированных форм, владеет способами обработки кинетических данных.</p>
4 (хорошо)		<p>Описывает с незначительными ошибками закономерности взаимодействия света с веществом, связь структуры и спектров поглощения органических соединений, излучательные и безызлучательные процессы происходящие при поглощении света, диаграммы состояний и пути деградации электронного возбуждения, механизмы и кинетику тушения возбужденных состояний, фотосенсибилизированные процессы и их роль в фотохимии.</p> <p>Перечисляет не все основные типы источников света и их конструкцию для воздействия на химические реакции. Знает конструкцию спектрофотометров, спектрофлуориметров и фотохимических реакторов.</p> <p>Называет с небольшими ошибками</p>

		<p>особенности протекания и механизмы фотохимических реакций из курса лекций. Делает значительные ошибки проводя сравнение фотохимических реакций от темновых.</p> <p>Путается в экспериментальных методах фотохимического эксперимента, называет с ошибками способы определения спектрально-кинетических характеристик фотоиндуцированных форм и способы обработки кинетических данных.</p>
3 (удовлетворительно)		<p>Слабо ориентируется с связи структуры и спектров поглощения органических соединений, не называет хотя бы один излучательный или безызлучательный переход, путается в механизмах тушения возбужденных состояний, но может рассказать о разнице в них, не может привести пример фотосенсибилизированных процессов.</p> <p>Перечисляет типы источников света, но путается в их конструкции. Может перечислить различие в конструкции спектрофотометров и спектрофлуориметров. Не может назвать особенности протекания, но ориентируется в механизмах фотохимических реакций. Не может назвать все отличия фотохимических реакций от темновых.</p> <p>Имеет представление о экспериментальных методах фотохимического эксперимента, путается в способах определения спектрально-кинетических характеристик фотоиндуцированных форм и способах обработки кинетических данных.</p>
2 (неудовлетворительно)		<p>Слабо ориентируется с связи структуры и спектров поглощения органических соединений, не называет 2 излучательных или безызлучательных перехода, не может рассказать о механизмах тушения возбужденных состояний, не может привести пример фотосенсибилизированных процессов.</p> <p>Перечисляет типы источников света, но путается в их конструкции. Может перечислить различие в конструкции спектрофотометров и спектрофлуориметров. Не может назвать особенности протекания, плохо ориентируется в механизмах фотохимических реакций. Не может назвать отличия фотохимических реакций от темновых.</p> <p>Имеет представление о экспериментальных методах фотохимического эксперимента, путается в способах определения спектрально-кинетических характеристик фотоиндуцированных форм и способах обработки кинетических данных.</p>

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
	Семестр 2

1	Предмет изучения фотохимии как науки. Часть электромагнитного спектра, являющаяся предметом изучения фотохимии. Энергии квантов света в этом диапазоне.
2	Свойства света: преломление, поляризация, дифракция, интерференция. Доказательства волновой и корпускулярной природы света.
3	Поглощение света веществом, понятия спектра поглощения. Вывод закона Бугера-Ламберта-Бера.
4	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность, пропускание, молярный и удельный коэффициенты поглощения, связь этих величин с концентрацией.
5	Закон Бугера-Ламберта-Бера и причины отклонения от этого закона. Оптимальные условия проведения спектрофотометрических измерений.
6	Электронная теория спектров поглощения, влияние на спектр поглощения поляризующихся групп и пространственного строения.
7	Процессы, происходящие в молекуле при поглощении молекулы кванта света. Их схематическое отображение при помощи диаграммы Яблонского. Понятие синглетного и триплетного состояний.
8	Кривая поверхности потенциальной энергии двухатомной молекулы в основном и возбужденном состоянии и их расположение, приводящее к диссоциации двухатомной молекулы. Принцип Франка-Кондона.
9	Первичные фотофизические процессы, при поглощении кванта света, их относительная скорость. Понятие сенсibilизации.
10	Флуоресценция, и способы ее изучения, устройство спектрофлуориметров и их отличие от спектрофотометров.
11	Закономерности молекулярной флуоресценции: правило Каши, Стоксов сдвиг, правило Левшина и их объяснение при помощи диаграммы Яблонского. Статическое и динамическое тушение флуоресценции.
12	Происхождение спектров поглощения и их форма, принцип Франка-Кондона.
13	Основы метода молекулярных орбиталей. Виды орбиталей, теория возмущения МО, образование несвязывающих и разрыхляющих орбиталей, типы электронных переходов, их связь со спектрами поглощения.
14	Энергии электронных переходов в молекулах насыщенных и ненасыщенных углеводородов, влияние сопряжения на спектры поглощения.
15	Техника фотохимического эксперимента, источники света, материалы сосудов.
16	Экспериментальные методы изучения фотохимических реакций. Выбор растворителя, концентрации, способы определения квантового выхода.
17	Органическая фотохимия, отличия фотохимических реакций от темновых, конротаторный и дисротаторный процессы.
18	Кинетика фотохимических реакций. Вывод уравнения скорости реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Кинетика радикальных реакций.
19	Фотохимические реакции кетонов: первичные фотохимические процессы и механизмы реакции со спиртами и алкенами.
20	Реакция Норриша тип 1. Механизм и образующиеся продукты.
21	Реакции разрыва бета-связи кетонов, механизм реакции.
22	Внутримолекулярный перенос водорода в реакции Норриша тип II. Механизм реакции, роль триплетного состояния в направлении этой реакции.
23	Реакция Патерно-Бюхи. Stereo и региоселективность в зависимости от донорных и акцепторных свойств заместителя при алкене.
24	Реакции переноса энергии, сенсibilизация фотохимических реакций. Роль сенсibilизатора и тушителя в направлении реакции. Примеры.
25	Реакции цис-транс изомеризации и димеризации алкенов под действием света. Влияние сенсibilизатора на реакцию димеризации.
26	Реакции фотосенсibilизированного переноса электрона. Примеры доноров и акцепторов и их влияния на направление реакции.
27	Синглетный кислород, его образование и реакции.
28	Образование и реакции карбенов и нитренов.
29	Хемилюминисценция. Реакции с выделением света на примере Люминола и фениловых эфиров щавелевой кислоты. Механизмы этих реакций, влияние условий на хемилюминисценцию.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Навеска смеси массой 0,010 гр содержащей краситель растворена в 500 мл воды. Определить содержание красителя в навеске, если оптическая плотность раствора $D_{653}=0,82$, удельный показатель поглощения $E_{1\%1\text{см}}^{653}=1640$. Съемка спектра производилась в кювете толщиной 2 сантиметра. Считать, что другие компоненты навески при 653 нм свет не поглощают.

2. Рассчитать молярный коэффициент поглощения аминокислоты триптофана при 295 нм, если при растворении навески массой 5,1 мг содержащей 50% триптофана в 125 мл воды получен раствор с оптической плотностью $D_{295}= 0,45$. Молекулярный вес цистеина 204. Считать, что другие компоненты навески при 295 нм свет не поглощают, толщина кюветы 1 см.

3. Рассчитайте удельный показатель поглощения левомецетина по данным: для спектрофотометрии использовалась навеска стандартного образца, равная 0,500 г в 500 мл этанола, раствор был разбавлен в 10 раз и измерена его оптическая плотность при длине волны 278 нм в кювете с толщиной слоя 2 см. Величина оптической плотности 0,45.

4. Рассчитать удельный показатель поглощения вещества при 405 нм если известно что его молярный показатель поглощения при этой длине волны 9780 л моль⁻¹ см⁻¹, молекулярный вес 244,5.

5. Какова будет оптическая плотность раствора полученного при смешивании 25% раствора аланина ($D=0,6$ длина волны 280 нм) и 75% раствора цистеина с концентрацией 0,002% и удельным коэффициентом экстинкции 400.

6. Оптическая плотность раствора, содержащего вещество с молекулярной массой 298 в концентрации 5·10⁻⁵ моль/л составляет 0,447 при 432 нм. Найти удельный коэффициент экстинкции при этой длине волны.

7. Навеска смеси массой 0,050 гр содержащей изучаемое вещество растворена в 100 мл воды. Определить содержание вещества в навеске, если оптическая плотность раствора $D_{350}=0,38$, молярный показатель поглощения равен 608, молекулярный вес вещества 800. Съемка спектра производилась в кювете толщиной 1 сантиметр. Считать, что другие компоненты навески при 350 нм свет не поглощают.

8. Какова будет оптическая плотность раствора полученного при смешивании 75% раствора аланина ($D=0,6$ длина волны 280 нм) и 25% раствора цистеина с концентрацией 0,002% и удельным коэффициентом экстинкции 400.

9. Рассчитать молярный показатель поглощения, если известно, что удельный показатель поглощения вещества при 305 нм равен 400, молекулярный вес 244,5.

10. Навеска смеси массой 0,075 гр содержащей изучаемое вещество растворена в 100 мл воды. Определить содержание вещества в навеске, если оптическая плотность раствора $D_{450}=0,66$, молярный показатель поглощения равен 440, молекулярный вес вещества 250. Съемка спектра производилась в кювете толщиной 1 сантиметр. Считать, что другие компоненты навески при 450 нм свет не поглощают.

11. Какая часть светового потока поглощается раствором, оптическая плотность которого равна 2?

12. На кювету с раствором, имеющим оптическую плотность равную 3, падает 1020 квантов света. Сколько квантов света проходит сквозь кювету без поглощения?

13. На первой стадии фотохимической реакции молекулы поглощают кванты актиничного излучения с длиной волны 355 нм. Как изменится энергия этих молекул?

14. Рассчитайте энергию кванта света (Дж) актиничного излучения с длиной волны 310 нм, вызывающего фотопревращение этана в этилен: $C_2H_6 + h\nu \rightarrow C_2H_4 + H_2$.

15. Свет с длиной волны 436 нм проходил в течение 900 с через раствор брома и коричной кислоты в CCl_4 . Среднее количество поглощенной энергии 1,919·10⁻³ Дж/с. В результате фотохимической реакции количество брома уменьшилось на 3,83·10¹⁹ молекул. Чему равен квантовый выход?

16. Энергия активации фотохимической реакции равна 30 ккал/моль. Какова должна быть минимальная длина волны света для того, чтобы инициировать эту реакцию? Чему равна частота этого света?

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Студент имеет право пользоваться справочными таблицами, калькулятором. Количество вопросов в билете - 3-4. Время на подготовку ответа по билету - 60 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Лысова С. С., Скрипникова Т. А., Зевацкий Ю. Э., Мызников Л. В., Ворона С. В.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Электронные спектры и строение органических соединений	СПб.: СПбГУПТД	2018	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201871
Лысова, С. С., Т., А., Зевацкий, Ю. Э., Мызников, Л. В., Ворона, С. В.	Электронные спектры и строение органических соединений	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2018	http://www.iprbookshop.ru/102597.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Красников, П. Е.	Применение красителей и пигментов	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	http://www.iprbookshop.ru/90705.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scopus.com>

База патентов федерального государственного института промышленной собственности [Электронный ресурс] URL: <https://www.fips.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows

OfficeStd 2016 RUS OLP NL Acdmс

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лабораторных работ используется специализированная учебная химическая лаборатория, оснащенная оборудованием, химической посудой и реактивами.

Аудитория	Оснащение
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска