

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Функциональные органические молекулы и супрамолекулярные архитектуры: дизайн, самосборка, применение
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики супрамолекулярных систем и нанофотоники
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: Н.А. Лобова, кандидат наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики супрамолекулярных систем и нанофотоники 12.02.2022

## Аннотация

Курс рассчитан на понимание взаимосвязи структура-свойство химических соединений органической природы, используемых в составе функциональных молекулярных устройств и материалов, и предполагает изучение подходов к дизайну таких структур методами органической, координационной, супрамолекулярной химии и прогностическими методами.

Задачи курса:

- освоение студентами знаний в области пространственного строения органических соединений, стереохимии;
- приобретение теоретических знаний в области влияния структурных факторов на фотохромизм и люминесценцию соединений;
- изучение терминологии, описывающей взаимоотношения в самоорганизующихся системах;
- приобретение знаний в области движущих сил самосборки и способов управления взаимодействиями.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Сформировать представление о современных междисциплинарных подходах к построению функциональных молекулярных устройств и материалов.

### Задачи дисциплины

Дать обучающимся понимание единства физико-химического знания и необходимости рассматривать особенности функциональных систем во взаимосвязи с условиями их применения.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- основы современных представлений в области химии супрамолекулярных систем и нанохимии;
- основы построения 3D-систем: стереохимии, координационной химии;
- принципы построения органических фотохромов и люминофоров;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук;
- о перспективах функциональных молекулярных систем и возможностях применения новых материалов.

уметь:

пользоваться справочной литературой и базами данных по химии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;  
 понять, какие свойства нужно придать системе для проявления возможности супрамолекулярной сборки или самоорганизации, что придаёт системе функциональность;  
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;  
 оценить соответствие предполагаемой функциональной системы или материала поставленной научно-практической задаче;  
 кратко и ёмко презентовать свою научную идею.

владеть:

химической терминологией и терминологией супрамолекулярной химии;  
 методами дизайна структур для придания им необходимых свойств;  
 междисциплинарным подходом и научной картиной мира.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Базовые подходы органической химии	2			4
2	Пространственное строение органических соединений, хиральность молекул и супрамолекулярных структур.	4			4
3	Пространственное строение соединений азота и координационных соединений	2			4
4	Поглощение и излучение света.	4			4
5	Основные классы фотохромных соединений	2			4
6	Органические люминофоры	2			10
7	Введение в супрамолекулярную химию	4			10
8	Молекулярное распознавание ионов металлов, анионов и молекул органических соединений	2			10
9	Кавитанды и супрамолекулярные системы на их основе	4			4
10	Оптические молекулярные сенсоры и молекулярные устройства	4			6
11	Молекулярные машины	4			4
12	Методы доказательства структуры и превращений в супрамолекулярных архитектурах и наноструктурах	4			4
13	Молекулярное инкапсулирование: органические реакции в самоорганизующихся нанореакторах	4			4
14	Физико-химические подходы к моделированию лекарственных средств	4			4
15	Системы доставки лекарственных средств	4			6

16	Материалы и методы производства химических сенсоров	4			4
17	Самоорганизация наноматериалов	4			2
18	Способы получения покрытий	2			2
Итого часов		60			90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

##### 1. Базовые подходы органической химии

Преимущества и недостатки органических соединений. Взаимосвязь структура – свойство. Направленный дизайн соединений. Понятие хромофора. Свойства заместителей. Поляризуемость молекул.

##### 2. Пространственное строение органических соединений, хиральность молекул и супрамолекулярных структур.

Стереоиomerия соединений углерода. Способы пространственного изображения молекул и номенклатура. Хиральность. Симметрия на молекулярном уровне. Энантиомеры и диастереомеры. Конфигурация и конформация. Установление конфигурации. Рацематы. Разнообразие причин хиральности (осевая, планарная и спиральная хиральность). Конформации ациклических систем. Конформации циклических систем. Стереохимия соединений азота. Разнообразие центров хиральности (соединения фосфора, кремния, серы).

##### 3. Пространственное строение соединений азота и координационных соединений

Основные понятия координационной химии. Строение комплексов. Дентатность. Хелаты. Лиганды. Топичность. Координационное число. Изомерия координационных соединений. Построение 2D и 3D-архитектур. MOF, COF. Методы получения, применение в технологии.

##### 4. Поглощение и излучение света.

Диаграмма Яблонского. Основное и возбуждённое состояния вещества. Влияние окружающей среды на основное и возбуждённое состояние вещества. Время жизни состояний. Сольватохромизм

##### 5. Основные классы фотохромных соединений

Фотохромизм. Реакции фотодиссоциации и фотоперегруппировки. Переходные состояния в согласованных реакциях. Участие гетероатомов в электроциклических реакциях. Фотохромные супрамолекулярные системы. Фотоуправляемые молекулярные машины

##### 6. Органические люминофоры

Виды люминесценции. Законы люминесценции. Особенности строения органических люминофоров. Структурные факторы влияющие на люминесценцию. Основные классы органических люминофоров. Пятичленные и шестичленные гетероциклические соединения. Соединения с карбонильной группой. Применение органических люминофоров

##### 7. Введение в супрамолекулярную химию

Концепции, положившие начало супрамолекулярной химии. Основные этапы становления супрамолекулярной химии. Возникновение супрамолекулярной химии как самостоятельной науки. Клатраты и кавитаты. Термины описывающие взаимоотношения между «хозяином» и «гостем». Хелатный и макроциклический эффекты. Природа супрамолекулярных взаимодействий. Основные положения супрамолекулярной химии

#### 8. Молекулярное распознавание ионов металлов, анионов и молекул органических соединений

Молекулярное распознавание. Распознавание, комплементарность. Виды молекулярного распознавания. Сферическое распознавание. Классы лигандов. Селективность катионного комплексообразования. Тетраэдрическое распознавание. Распознавание ионов аммония и родственных ему субстратов. Линейное распознавание длины молекул при помощи дитопных сорцепторов. Хиральное распознавание. Особенности распознавания анионов. Селективность распознавания анионов. Множественное распознавание. Гетеротопные сорцепторы. Молекулы-кавитанды для нейтральных молекул.

#### 9. Кавитанды и супрамолекулярные системы на их основе

Циклодекстрины. Структура и свойства. Образование комплексов включения, типы комплексов, ориентация в димерах. Оптический отклик. Идентификация методом ЯМР. Кукурбитурилы: строение, карта электростатических потенциалов. Синтез, характеристика молекул-гостей. Кукурбитурилы в медицине. Каликсарены. Синтез, идентификация. Разнообразие каликсаренов. Конформационная подвижность.

#### 10. Оптические молекулярные сенсоры и молекулярные устройства

Основная концепция молекулярного сенсора. Конформационные превращения молекулярных сенсоров. Ротаксаны, полиротаксаны. Молекулярные устройства и машины, способы управления. Методы получения протяжённых систем. Самоорганизация агрегатов на основе циклодекстринов. Застопоревание. pH- и термопереключаемые ротаксаны. Полиротаторные системы. Молекулярные переключатели

### Семестр: 8 (Весенний)

#### 11. Молекулярные машины

Что такое молекулярная машина. Принципы создания. Принципы управления. Идеи применения

#### 12. Методы доказательства структуры и превращений в супрамолекулярных архитектурах и наноструктурах

Оптические методы исследования. Магнитные методы исследования. Методы исследования жидкостей и твёрдых веществ. Прямые и косвенные методы. Разрушающие и неразрушающие методы исследования

#### 13. Молекулярное инкапсулирование: органические реакции в самоорганизующихся нанореакторах

Создание самоорганизующихся нанореакторов. Термодинамические параметры протекания реакций в нанореакторах. Нанореакторы с участием водородных связей. Примеры реакций. Тетраэдрические и октаэдрические полости. Управление селективностью за счёт изменения объема полости. Фотоокисление. Лигандно-темплатный подход

#### 14. Физико-химические подходы к моделированию лекарственных средств

Лекарственные средства, определение. Понятие рецептора и блокатора. Уровни действия лекарства. Проблема селективности. Мембраны. Транспорт через мембрану. Белки и их функции. Пространственная структура белка. Механизм действия G-белков. Этапы разработки лекарственных средств. Молекулярный докинг. Молекулярная динамика. Drug design. Индивидуальный подход к лекарствам: персонифицированная медицина.

#### 15. Системы доставки лекарственных средств

Гибридные молекулы и биоконъюгаты. Микрокапсулы. Мицеллы и липосомы. Мембраны. Роль размера наночастиц в системах доставки лекарств. Векторы. Контролируемое высвобождение лекарств

#### 16. Материалы и методы производства химических сенсоров

Методы создания чувствительного слоя. Изотерма Ленгмюра. Нековалентная и ковалентная иммобилизация. Тонкие молекулярные слои. Гидрогели. Методы микрообработки в технологии сенсоров. Иммуно-сенсоры. Импринтинг

#### 17. Самоорганизация наноматериалов

Движущие силы самоорганизации. Стратегии производства синтетических наноматериалов. Металлические наноматериалы. Углеродные наноматериалы. Сополимерные наноматериалы, морфология слоя. Полупроводниковые наноматериалы. Кремниевые наноматериалы

#### 18. Способы получения покрытий

Типы подложек. Модификация поверхности. Процессы на границе раздела фаз. Получение супрамолекулярных структур из гетерофазных систем. Плёнки Ленгмюра-Блоджетт

### **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория, мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

### **6. Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Сид Дж. В., Этвуд Дж. Л., Супрамолекулярная химия. - т. 1, 2. – Москва: Академкнига, 2007.
2. Лебедев-Степанов П.В., Введение в самосборку и самоорганизацию ансамблей наночастиц. - М.: НИЯУ МИФИ. 2015.
3. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П., Органическая химия, М: Бином, 2007.
4. Скопенко В. В., Цивадзе А. Ю., Савранский Л. И., Гарновский А. Д., Координационная химия, ИКЦ «Академкнига», Москва, 2007, 487 с.
5. Громов С. П. Фотохромизм молекулярных и супрамолекулярных систем. - М.: МФТИ, 2002.
6. Баника Ф.-Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения. М., Техносфера, 2014.
7. Введение в фармацевтическую нанотехнологию, под ред. А.Г. Мажуги, изд. РХТУ, М., 2021.

#### Дополнительная литература

1. Х.-Д. Хельтзе, В. Зиппль, Д. Роньян, Г. Фолькерс, Молекулярное моделирование, теория и практика, М., Бином, 2013.
2. Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц Теоретическая физика. Т. 5. Статистическая физика. М.: Наука. 2002.
3. Лен Ж.-М., Супрамолекулярная химия. - Новосибирск: Наука, 1998.
4. Химия комплексов "гость-хозяин", под ред. Фегтле Ф. и Вебера Э., изд. Мир, М., 1988.
5. Илиел Э., Основы стереохимии, М.: Мир, 1971.
6. Харгиттай И., Харгиттай М. Симметрия глазами химика. – Москва: изд. Мир, 1989.
7. Органические фотохромы., под ред. Ельцова А. В.. - Л.: Химия, 1982.
8. Красовицкий Б. М., Болотин Б. М., Органические люминофоры. - М.: Химия, 1984.
9. J. W. Steed, D. R. Turner, K. J. Wallace, Core concepts in supramolecular chemistry and nanochemistry, Willey, 2007.
10. J. H. Hartley, T. D. James, C. J. Ward, «Synthetic receptors», J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1, 2001, 3155-3184.
11. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия. 1989.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.springerlink.com>,
2. <http://www.sensors-research.com>,
3. <http://www.nanojournal.ru>,
4. <http://pubs.acs.org>.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

не предусмотрены.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики супрамолекулярных систем и нанофотоники
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
8 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Н.А. Лобова, кандидат наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Функциональные органические молекулы и супрамолекулярные архитектуры: дизайн, самосборка, применение» обучающийся должен:

### знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- основы современных представлений в области химии супрамолекулярных систем и нанохимии;
- основы построения 3D-систем: стереохимии, координационной химии;
- принципы построения органических фотохромов и люминофоров;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук;
- о перспективах функциональных молекулярных систем и возможностях применения новых материалов.

### уметь:

- пользоваться справочной литературой и базами данных по химии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- понять, какие свойства нужно придать системе для проявления возможности супрамолекулярной сборки или самоорганизации, что придаёт системе функциональность;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- оценить соответствие предполагаемой функциональной системы или материала поставленной научно-практической задаче;
- кратко и ёмко презентовать свою научную идею.

### владеть:

- химической терминологией и терминологией супрамолекулярной химии;
- методами дизайна структур для придания им необходимых свойств;
- междисциплинарным подходом и научной картиной мира.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Стереоиomerия соединений углерода. Способы пространственного изображения молекул и номенклатура.
2. Хиральность. Симметрия на молекулярном уровне. Энантиомеры и диастереомеры.
3. Понятия конфигурации и конформации. Установление конфигурации. Рацемические смеси.
4. Разнообразие причин хиральности (осевая, планарная и спиральная хиральность).
5. Конформации ациклических и циклических систем. Напряженные системы.

6. Стереохимия соединений азота, фосфора, кремния, серы.
7. Основные понятия координационной химии: дентатность, хелаты, -лиганды, топищность, координационное число.
8. Изомерия координационных соединений.
9. Явление фотохромизма. Реакции фотохромных систем.
10. Фотохромные супрамолекулярные системы.
11. Особенности строения органических люминофоров. Структурные факторы влияющие на люминесценцию.
12. Основные классы органических люминофоров, их особенности.
13. Концепции, положившие начало супрамолекулярной химии. Термины описывающие взаимоотношения между «хозяином» и «гостем».
14. Клатраты и кавитаты.
15. Хелатный и макроциклический эффекты.
16. Природа и множественность супрамолекулярных взаимодействий.
17. Виды молекулярного распознавания. Комплементарность.
18. Селективность распознавания катионов.
19. Селективность распознавания анионов.
20. Множественное распознавание. Гетеротопные рецепторы.
21. Молекулы-кавитанды для нейтральных молекул.
22. Каков диапазон размеров частиц, по определению относящихся к нанобъектам?
  - а) 1-10 нм.
  - б) 1-100 нм (правильный ответ)
  - в) 1-1000 нм.
23. Каково характерное значение капиллярной постоянной?
  - а) 3 мм (правильный ответ)
  - б) 3 мкм
  - в) 3 нм.
24. Каково изменение энтропии ансамбля наночастиц при самосборке?
  - а) растёт
  - б) убывает (правильный ответ)
  - в) не меняется.
25. Между какими частицами действуют силы Ван дер Ваальса?
  - а) полярными
  - б) неполярными
  - в) любого типа (правильный ответ)
26. Как себя ведет коэффициент диффузии коллоидных частиц в растворе в зависимости от температуры?
  - а) увеличивается (правильный ответ)
  - б) уменьшается
  - в) не изменяется.
27. Как изменяется время испарения капель на плоской подложке при уменьшении контактного угла при прочих равных условиях?
  - а) не изменяется
  - б) увеличивается
  - в) уменьшается (правильный ответ)
28. Можно ли увидеть наночастицу в оптический микроскоп?
  - а) нет (правильный ответ)
  - б) да
29. Как изменяется радиус экранирования заряда коллоидной частицы в растворе при увеличении ионной силы раствора?
  - а) увеличивается
  - б) не меняется
  - в) уменьшается (правильный ответ)
30. Каким процессом обусловлено испарение капли воды в атмосферу при нормальных условиях?

- а) теплопроводностью
- б) диффузией (правильный ответ)
- в) адсорбцией

31. В чем основное отличие самосборки от самоорганизации?

- а) в степени упорядочения
- б) нет отличий
- в) в финитности процесса самосборки (правильный ответ)

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

1. История возникновения понятий самосборки и самоорганизации, эволюция понятий, сходство и отличие.
2. Самоорганизация в синергетике.
3. Примеры самосборки ансамблей частиц в растворе (высыхающая капля, пленка раствора).
4. Управляемая самосборка: применение внешних управляющих воздействий.
5. Самосборка в природе.
6. «Капельные технологии». Струйная печать, игла-кольцо, центрифугирование. Их специфика.
7. Приложения капельных технологий: фотонные кристаллы, элементы хемосен-соров и оптических устройств, барьерные слои и т.д.
8. Назначение физического моделирования и компьютерного эксперимента в самосборке.
9. Две основные задачи при описании самосборки в микрокаплях и тонких пленках.
10. Движущие силы самосборки: взаимодействия основных компонентов системы в процессе самосборки. Испарение растворителя. Сольватация наночастиц. Капиллярные взаимодействия между растворителем и частицей, раствором и подложкой.
11. Практические способы управления результатом процесса самосборки.
12. Методы моделирования: континуальный; полудискретный; дискретный. Чем регламентируется выбор.
13. Основные представления о диссипативной динамике частиц. Общее и отличия по сравнению с молекулярной динамикой.
14. Автоколебательные процессы в испаряющемся мениске коллоидного раствора.
15. Связывание молекул и катионов макроциклами.
16. Конформации циклических систем: 12(15,18)-краун-4(5,6)эфиры.
17. Структуры и энергии образования комплексов формилбензокраунэфиров с пер-хлоратами щелочноземельных металлов и катионом этиламмония.
18. Энергетически выгодные структуры «катион-накрытых» комплексов бензокраун-стириловых красителей, зависимость энергии комплекса от расстояния между атомами азота.
19. Рецепторные центры связывания ароматических молекул.
20. Физические характеристики  $\alpha$ ,  $\beta$ , циклодекстринов и их комплексы состава 1:1.
21. Флуоресценция эксимеров.
22. Фосфоресценция трехкомпонентных комплексов. Повышение разрешения спектров фосфоресценции.
23. Методы минимизации в молекулярной механике.

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1.

1. «Капельные технологии». Струйная печать, игла-кольцо, центрифугирование. Их специфика.
2. Рецепторные центры связывания ароматических молекул.

Пример 2.

1. Методы моделирования: континуальный; полудискретный; дискретный. Чем регламентируется выбор.
2. Фосфоресценция трехкомпонентных комплексов. Повышение разрешения спектров фосфоресценции.

## Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.