

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д. И. Менделеева»

---



**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Флуоресцентные методы детектирования»**

**Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы**

**Магистерская программа «Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «магистр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель

Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.,  
Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и  
нанотехнологии «28» апреля 2021 г., протокол №11.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 «Наноматериалы»**, рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Флуоресцентные методы детектирования»** относится к дисциплинам по выбору учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики оптических явлений.

**Цель дисциплины** - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области изучения и использования флуоресцентных наноматериалов.

**Задачи дисциплины** - формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии исследования флуоресцентных наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина **«Флуоресцентные методы детектирования»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
<p>– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов;</p> <p>– исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа;</p> <p>– самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.</p>	<p>– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.));</p> <p>– все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;</p> <p>– компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне</p> <p><b>ПК-1.2</b> Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне</p> <p><b>ПК-1.3</b> Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p>

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*знать:*

- физические основы люминесценции, флуоресценции;
- люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;
- теоретические основы нанофотоники;
- метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.

*уметь:*

- формулировать требования к флуоресцентным материалам;
- проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;
- применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

*владеть:*

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;
- навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,41</b>	<b>51</b>	<b>38</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,59</b>	<b>93</b>	<b>70</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы</b>	<b>56</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>-</b>
<b>1.1</b>	Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация	14	-	2	3	-	9	-
<b>1.2</b>	Люминесценция и ее основные закономерности	14	-	2	3	-	9	-
<b>1.3</b>	Флуоресцентные соединения	14	-	1	4	-	9	-
<b>1.4</b>	Применение	14	-	1	4	-	9	-
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Нанопотоника</b>	<b>57</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	Введение в терминологию	13	-	1	3	-	9	-
<b>2.2</b>	Свет и наночастицы	14	8	2	3	4	9	4
<b>2.3</b>	Фотонные кристаллы	30	-	4	8	-	18	-
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Субволновая микроскопия</b>	<b>31</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>21</b>	<b>-</b>
<b>3.1</b>	Конфокальный флуоресцентный микроскоп.	15	-	2	3	-	10	-

<b>3.2</b>	Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения	16	-	2	3	-	11	-
	<b>Всего часов</b>	<b>144</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>93</b>	<b>4</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### **Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы**

1.1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация.

1.2. Люминесценция и ее основные закономерности. Спектры возбуждения, поглощения и люминесценции. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации. Спектральные закономерности молекулярной люминесценции: независимость спектра люминесценции от длины волны возбуждающего света; закон Стокса – Ломмеля; правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции – правило Левшина; универсальное соотношение между спектрами поглощения и люминесценции Степанова. Выход люминесценции. Закон Вавилова. Понятие антистоксовой флуоресценции. Законы затухания люминесценции. Тушение люминесценции.

1.3. Флуоресцентные соединения. Практика люминесцентного анализа актиноидных элементов. Люминесценция по свечению уранила в водных растворах и комплексных соединениях. Люминесценция кристаллофосфоров. Люминесцентные методы анализа, основанные на образовании тройных компонентов.

1.4. Применение флуоресцентных соединений. Место спектрально-оптических измерений в диагностике состояния биологических систем. Понятие неинвазивных и минимально инвазивных методов исследования. Преимущества и возможности флуоресцентной спектроскопии.

### **Раздел 2. Нанопотоника.**

2.1. Введение в терминологию. Понятия «фотоника» и «нанопотоника». Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.

2.2. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц.

2.3. Фотонные кристаллы. Основы теории фотонных кристаллов. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах. Способы получения реальных фотонных кристаллов. Идея и принципы создания метаматериалов.

### **Раздел 3. Субволновая микроскопия.**

3.1 Конфокальный флуоресцентный микроскоп. История развития. Принцип работы. Пространственное разрешение в конфокальной микроскопии. Применение.

3.2 Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения. Флуоресцентная наноскопия. Флуоресценция в биологических исследованиях. Детекция флуоресценции. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки. Методы флуоресцентной окраски клеток.



## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знает:</b>				
1	– физические основы люминесценции, флуоресценции;	+	+	+	
2	– люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;	-	+	-	
3	– теоретические основы нанофотоники;	-	+	+	
4.	– метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.	-	-	+	
	<b>Умеет:</b>				
5	– формулировать требования к флуоресцентным материалам;	+	+	+	
6	– проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;	+	+	+	
7	– применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.	+	+	+	
	<b>Владеет:</b>				
8	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;	+	+	+	
9	– навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов;	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
10	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+	+
11		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+	+

12		<b>ПК-1.3</b> Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+
----	--	--	---	---	---

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Соотношение спектров поглощения и флуоресценции	3
		Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света	4
		Расчет квантового выхода флуоресценции	6
2	Раздел 2	Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц	4
		Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах	6
		Получение фотонных кристаллов	5
3	Раздел 3	Принцип работы конфокального флуоресцентного микроскопа	3
		Флуоресцентная наноскопия	3

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 30 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 30 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой набор из 8-10 контрольных заданий и вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 8 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:**

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл	3	5	4	4	4	3	4	3

1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Основные понятия, классификация.
2. Соотношение спектров поглощения и флуоресценции
3. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
4. Квантовый выход флуоресценции.
5. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители.
6. Основные группы флуоресцентных красителей, применяемых для окрашивания нуклеиновых кислот.
7. Зонды для ПЦР в реальном времени.
8. Применение флуоресцентных материалов.

**Раздел 2,3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:**

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл	2	3	3	4	2	3	5	3	3	2

1. Понятия «фотоника» и «нанопотоника»
2. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел
3. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур
4. Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц
5. Фотонные кристаллы.
6. Основы теории фотонных кристаллов
7. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах
8. Способы получения реальных фотонных кристаллов
9. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений
10. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки

## 8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет оценкой)

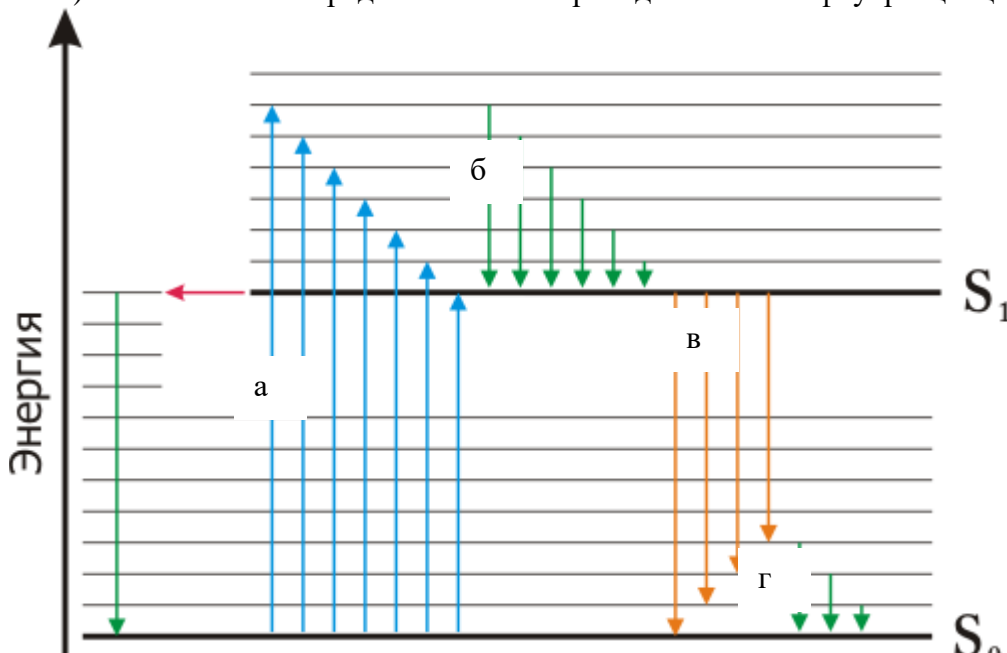
Итоговый контроль проводится в письменной - устной форме (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 1 открытый вопрос, максимальная оценка за вопрос – 10 баллов и 6 вопросов тестовой части, максимальная оценка – 30 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

### 8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
2. Квантовый выход флуоресценции.
3. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители. Понятия «фотоника» и «нанопотоника».
4. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.
5. Основы теории фотонных кристаллов.
6. Конфокальная микроскопия.
7. Мультифотонная микроскопия.

#### Вопросы тестовой части

- 1) Какой из ниже представленных переходов является флуоресценцией?



- 2) Стоксов сдвиг это

- а) разница длин волн минимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- б) разница длин волн максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- в) разница частот максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- г) разница частот минимумов спектров поглощения и флуоресценции.

- 3) Какая длина волны относится к ультрафиолету?

- а) 700 нм
- б) 280 нм
- в) 500 нм
- г) 620 нм

- 4) Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение?
- а) 10-15 сек
  - б) 1 – 2 часа
  - в)  $10^{-9}$ – $10^{-6}$  сек
  - г)  $10^{-2}$  сек

5) Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции?

- а) Хемолюминесценция
- б) Фотолюминесценция
- в) Сонолюминесценция
- г) Термолюминесценция

6) Какие наночастицы не являются люминесцирующими?

- а) CdS
- б) Au
- в) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- г) ZnO

7) Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?

- а) Конфокальный
- б) Мультифотонный
- в) Туннельный

8) Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:

а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток

б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток

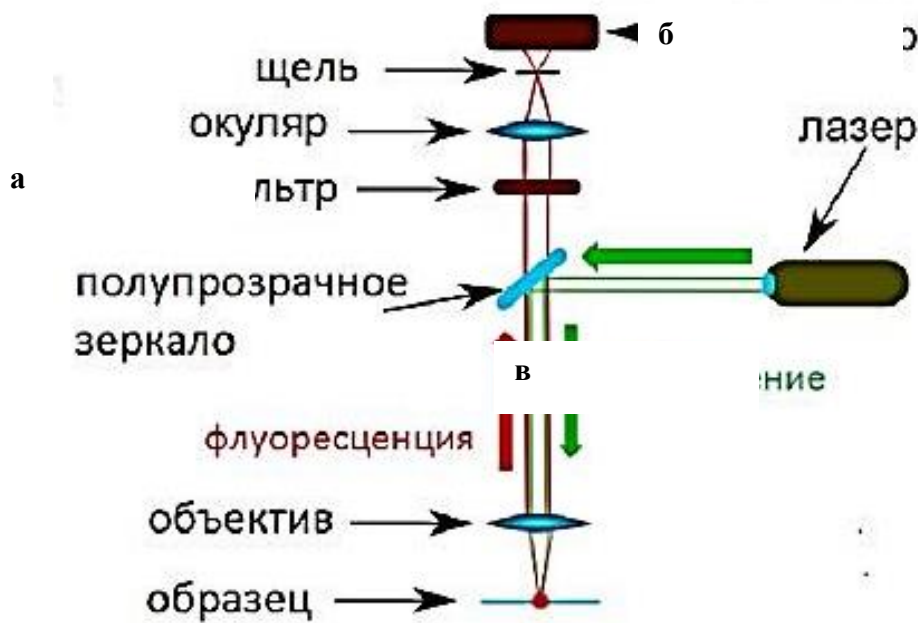
в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток

г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки

9) К фильтрам флуоресцентного микроскопа не относится:

- а) Фильтр возбуждающего света
- б) Дихроичные зеркала (интерференционные светофильтры)
- в) Фильтр объектива
- г) Запирающие фильтры (band pass BP)

10) Напишите, что показано буквами на рисунке:



- 11) Отличием FLIP от FRAP является:
- а) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
  - б) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
  - в) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
  - г) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.

12) Что необходимо для реализации метода FLAP

- а) один из красителей не должен визуализироваться, пока виден другой
- б) оба красителя должны визуализироваться одновременно и независимо
- в) оба красителя должны визуализироваться в разное время
- г) красители должны вступать в химическую связь друг с другом

13) При каком расстоянии будет происходить диполь-дипольное взаимодействие?

- а) 25 нм
- б) 12 нм
- в) 15 нм
- г) 9 нм

14) Скорость переноса не зависит от:

- а) от взаимной ориентации диполей донора и акцептора
- б) от времени жизни возбужденного состояния акцептора в отсутствие донора
- в) от времени жизни возбужденного состояния донора в отсутствие акцептора
- г) степени перекрытия спектров испускания донора и поглощения акцептора

15) Динамическое тушение:

- а) Влияет только на возбужденные состояния флуорофоров

- б) Влияет только на невозбужденные состояния флуорофоров  
 в) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возмущению спектра поглощения флуорофора

г) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возбуждению спектра поглощения флуорофора

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

*Зачет с оценкой* по дисциплине «*Флуоресцентные методы детектирования*» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 7 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы *зачета с оценкой* оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй и последующий – 5 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»</b>
	<b>Флуоресцентные методы детектирования</b>
<b>Билет № 1</b>	
1. Квантовый выход флуоресценции. 2. Какая длина волны относится к ультрафиолету? а) 700 нм б) 280 нм в) 500 нм г) 620 нм  3. Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение? а) 10-15 сек б) 1 – 2 часа в) $10^{-9}$ – $10^{-6}$ сек г) $10^{-2}$ сек  4. Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции? а) Хемолюминесценция б) Фотолюминесценция в) Сонолюминесценция г) Термолюминесценция  5. Какие наночастицы не являются люминесцирующими? а) CdS б) Au в) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	



г) ZnO

6. Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?

- а) Конфокальный
- б) Мультифотонный
- в) Туннельный

7. Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:

а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток

б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток

в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток

г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Валиев Р.Р. Квантовая химия в спектроскопии. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – 144 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Дёмин В.В., Половцев И.Г. Фотометрия и ее применения : учебное пособие. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – 344 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Methods and Applications in Fluorescence, IOP Publishing

Научно-технические журналы:

- Journal of Fluorescence ISSN: 1053-0509 (Print) 1573-4994 (Online) Журнал

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Флуоресцентные методы детектирования»* проводятся в форме лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные

материалы в печатном и электронном виде; кафедра библиотека электронных изданий.

#### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы</b></p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физические основы люминесценции, флуоресценции;</li> <li>– люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;</li> <li>– теоретические основы нанофотоники;</li> <li>– метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать требования к флуоресцентным материалам;</li> <li>– проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;</li> <li>– применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;</li> <li>– навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>
<p><b>Раздел 2. Нанофотоника.</b></p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физические основы люминесценции, флуоресценции;</li> <li>– люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;</li> <li>– теоретические основы нанофотоники;</li> <li>– метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать требования к флуоресцентным материалам;</li> <li>– проводить флуоресцентные исследования,</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p>

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;</li> <li>– навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3. Субволновая микроскопия.</b></p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физические основы люминесценции, флуоресценции;</li> <li>– люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;</li> <li>– теоретические основы нанофотоники;</li> <li>– метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать требования к флуоресцентным материалам;</li> <li>– проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;</li> <li>– применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;</li> <li>– навыками освоения и применения</li> </ul>	<p>Оценка на зачете.</p>

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.	

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Флуоресцентные методы детектирования»  
основной образовательной программы  
28.04.03 «Нanomатериалы»**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.