

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 02.11.2023 13:20:30  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 30 » июня 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСИСТЕМ**

Направление подготовки

**28.03.03 Наноматериалы**

Направленность программы бакалавриата

**Дизайн, синтез и применение наноматериалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **теоретических основ материаловедения**

Санкт-Петербург

2020

Б1.В.ДВ.02.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		профессор М.М. Сычёв

Рабочая программа дисциплины «Химическая технология наносистем» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения  
протокол № 10 от 09.06.2020  
Заведующий кафедрой

М.М. Сычёв

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол № 12 от 30.06.2020

Председатель

А.Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления «Наноматериалы»		М.М. Сычёв
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
4. Содержание дисциплины .....	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий. ....	5
4.2. Занятия лекционного типа .....	5
4.3. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия).....	8
4.4. Лабораторные работы .....	9
4.5. Самостоятельная работа обучающихся.....	9
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации. ....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. ....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	14
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы. ....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья. ....	16
Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	22

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-5</b> Способен применять на практике физические и химические процессы, протекающие при получении, обработке и модификации наноматериалов и изделий из них	<b>ПК-5.1.</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения заданного класса наноматериалов.	<b>знать:</b> основные свойства и области применения наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе (ЗН-1); <b>уметь:</b> контролировать характеристики наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе (У-1); <b>владеть:</b> способами и методами производства наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе (Н-1).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является дисциплиной по выбору и входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02.02), изучается на 3,4 курсах в 5, 6 и 7 семестрах.

Занятия по данному курсу должны обеспечить приобретение студентами теоретических знаний, практических и расчетных навыков, необходимых при изучении специальных курсов, а также для последующей успешной работы на промышленных предприятиях, в научно-исследовательских и проектных организациях.

Изучение дисциплины «Химическая технология наносистем» опирается на курсы лекций физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химические и физико-химические методы анализа.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)</b>	<b>12/432</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>254</b>
занятия лекционного типа	104
занятия семинарского типа, в т.ч.	116
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	68

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
курсовое проектирование (КР)	32
КСР	34
другие виды контактной работы (контроль)	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>106</b>
<b>Формы текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе, КР, КП)	Контрольная работа
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (зачет, экзамен)	Зачет (5 семестр), КР, Экзамен (6,7 семестр) <b>(72)</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции/индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	<b>Монокристаллы и особочистые вещества</b>	36			34	ПК-5/ ПК-5.1
2	<b>Технология наносистем</b>	68	16	68	72	ПК-5/ ПК-5.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Монокристаллы и особочистые вещества (5 семестр)</b></p> <p>1. Введение. Принципы создания MEMS и NEMS с использованием технологий фотолитографии.</p> <p>Химические методы очистки веществ. Сверхчистые материалы (степень очистки). Классификация методов очистки. Метод избирательного окисления или восстановления, термической диссоциации, химических транспортных реакций, перевода примесей в нерастворимый осадок или в легко удаляемый раствор. Физико-химические методы очистки.</p> <p>2. Физические методы очистки веществ. Дистилляционные методы очистки. Кристаллизационные методы. Метод</p>	36	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>термодиффузии. Разделение центрифугой. Электромагнитная сепарация. Плазмохимические способы очистки веществ.</p> <p>3. Термодинамическая теория роста кристаллов. Кристаллизация - фазовый переход I рода. Величины, характеризующие степень отклонения кристаллизующейся системы от состояния равновесия: пересыщение, переохлаждение. Фазовые диаграммы состояния. Образование и рост зародышей. Энергия образования зародышей. Кинетика процессов кристаллизации. Линейная скорость кристаллизации. Объемная скорость кристаллизации. Использование явления геометрического отбора при выращивании монокристаллов.</p>		
	<p>4. Влияние внешних воздействий на процесс кристаллизации. Влияние звука и ультра звука, вибраций, электрического и магнитных полей, давления, затравочного кристалла, радиации. Влияние их на скорость роста. Распределение примесей в кристаллах, выращенных из расплава методом направленной кристаллизации. Эффективный коэффициент распределения примесей. Концентрационное переохлаждение.</p> <p>5. Консервативные и неконсервативные методы выращивания кристаллов. Выращивание монокристаллов из расплава методом направленной кристаллизации. Метод Обреимова-Шубникова, Бриджмена – вертикальный и горизонтальный, Стокбаргера. Достоинства и недостатки методов. Условия кристаллизации на границе кристалл-расплав. Значение формы фронта кристаллизации.</p> <p>6. Выращивание монокристаллов методом вытягивания из расплава. Методы Чохральского и Кирополуса. Способы нагрева и недостатки методов. Принцип и области применения зонной плавки. Выращивание монокристаллов методом зонной плавки. Выращивание монокристаллов методом Вернейля. Образование дефектов в кристаллах, растущих из расплава.</p> <p>7. Выращивание монокристаллов из растворов. Методы кристаллизации из растворов: испарения растворителя, понижения температуры раствора, температурного градиента. Гидротермальный метод выращивания монокристаллов. Выращивание монокристаллов из раствора в расплаве. Достоинства и недостатки методов выращивания монокристаллов из раствора.</p> <p>8. Выращивание монокристаллов из газовой фазы. Кристаллизация без участия химической реакции (метод сублимации). Кристаллизация с участием химических реакций. Достоинства и недостатки методов выращивания монокристаллов из газовой фазы.</p> <p>9. Материалы и оборудование технологии монокристаллов.</p> <p>10. Принципы управления качеством кристалла.</p>		Слайд-презентация
2	<p><b>Технология наносистем (6,7 семестр)</b></p> <p>1. Краткая характеристика наносистем. Наносистемы в электронике. Роль отечественных ученых в развитии теории, методов расчета и принципов конструирования. Классификация. Роль технологии производства в экономии материальных и энергетических ресурсов.</p> <p>2. Производство стекла, его свойства. Механизм возникновения</p>	68	Слайд-презентация

№ раздела дис- ципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иннова- ционная форма
	<p>напряжений в стекле, отжиг стекла. Производство стеклоизделий. Особенности производства деталей из кварцевого и кварцеидного стекла. Свойства стекла. Приготовление шихты для кварцевого стекла. Пайка блоков для кварцевого стекла и кварцевых труб.</p> <p>3. Технология получения тугоплавких материалов – вольфрама, молибдена, тантала, ниобия, рения. Марки. Применение. Способы очистки вольфрамовой, молибденовой и стальной проволоки.</p> <p>4. Технологические газы и их свойства. Газовые смеси, технология приготовления газовых смесей. Способы очистки газов от примесей. Принципы построения газоочистных установок.</p> <p>5. Состав люминофорных суспензий. Светоотражающие, светорассеивающие и теплоотражающие покрытия. Состав и приготовление покрытий.</p> <p>7. Геттеры. Приготовление геттеров.</p> <p>8. Пайка. Припой и флюсы. Способы пайки. Технология пайки. Сварка, виды, технология. Способы улучшения свариваемости металлов.</p> <p>9. Нанесение люминофорных, отражающих и светорассеивающих покрытий.</p> <p>10. Эмиттеры. Оксиды щелочно-земельных и редкоземельных металлов, свойства, получение. Карбонаты, алюминаты и вольфраматы щелочно-земельных металлов, синтез и свойства. Бориды, нитриды и карбиды. Переработка в суспензии и методы нанесения эмиссионных покрытий. Термообработка и активирование. Технология получения пресованных вольфрамовых катодов. Влияние химической природы эмиттеров на их свойства.</p> <p>11. Промышленные люминофоры.</p> <p>12. Оптические запоминающие системы. Принципы и механизмы оптической записи информации. Конструкция оптических систем однократной и многократной записи информации.</p> <p>13. Общие принципы конструирования видеодисплеев.</p>		

#### 4.3. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)

№ раздела дис- ципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновацион- ная форма
2	<b>Технология наносистем</b> 1. Входной контроль материалов. 2. Технологический анализ процесса изготовления стекла. 3. Технологический анализ процесса изготовления технохимических материалов. 4. Технологический анализ Технологический анализ процесса изготовления монокристаллов.	16	Мастер- класс

#### 4.4. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	<p><b>Технология наносистем</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подготовка заготовок для зонного выращивания монокристаллов.</li> <li>2. Выращивание монокристаллов методом зонной плавки.</li> <li>3. Анализ качества выращенных кристаллов.</li> <li>4. Исследование электрических свойств материалов. Измерение диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь. Емкостная спектроскопия</li> <li>5. Электрооптические свойства пленок.</li> <li>6. Исследование профиля и функционального состава поверхности наноструктурированных материалов и материалов с нанопокрытиями</li> <li>7. Получение особоочистого диоксида кремния.</li> <li>8. Выращивание кристаллов из растворов методом охлаждения.</li> <li>9. Выращивание монокристаллов в гелях.</li> <li>10. Подготовка и приведение в рабочее состояние установки трафаретной печати.</li> <li>11. Приготовление паст и измерение их реологических характеристик.</li> <li>12. Нанесение покрытий и барьеров методом трафаретной печати.</li> <li>13. Нанесение просветляющих пленок и измерение их характеристик.</li> <li>14. Температурная обработка барьеров и покрытий, измерение их геометрических и механических параметров.</li> <li>15. Измерение коэффициентов отражения, пропускания и поглощения элементов.</li> </ol>	68	Отчеты о лабораторных работах

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<p><b>Монокристаллы и особоочистые вещества</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип равновесия Гиббса, условия фазового равновесия, типы равновесий, условия термодинамической устойчивости фазы, правило фаз и особые случаи его применения, закрытые системы, общие принципы построения диаграмм фазового равновесия.</li> <li>2. Сложные типы диаграмм равновесия жидкость – пар</li> </ol>	34	Выступление на семинарских занятиях с докладом Защита курсового

	<p>и жидкость – жидкость – пар в бинарных и тройных системах. Процессы открытого испарения. Дистилляционные области в тройных системах.</p> <p>3. Различные типы диаграмм взаимной растворимости жидкостей в тройных системах. Схема процесса жидкостной экстракции.</p> <p>4. Кристаллизационные методы разделения. Диаграммы растворимости и плавкости в бинарных и тройных системах (сложные случаи). Кристаллизация из раствора, из расплава, из газовой фазы.</p> <p>5. Методы поверхностного разделения веществ. Адсорбция на границе твердая фаза – газ. Уравнение изотермы адсорбции Гиббса, уравнение Лэнгмюра. Метод пенного разделения, его варианты. Мицеллярное разделение.</p> <p>6. Методы мембранного разделения. Принцип методов. Типы мембран, механизмы проницаемости, баромембранные процессы. Обратный осмос. Ультрафильтрация. Микрофильтрация.</p> <p>7. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.</p> <p>8. Кристаллическая структура кремния, физические и химические дефекты структуры и их влияние на свойства.</p> <p>9. Технологические зоны в руднотермической печи при плавке металлургического кремния.</p> <p>10. Плазмохимические методы получения кремниевых наноструктур.</p> <p>11. Плёнки оксида кремния на кремнии (получение и свойства).</p> <p>12. Кристаллизационные методы очистки веществ.</p> <p>13. Применение химического транспорта для получения монокристаллов.</p> <p>14. Физико-химические процессы, приводящие к нестабильности на фронте кристаллизации.</p>		задания
2	<p><b>Технология наносистем</b></p> <p>1. ВУФ фотолитография.</p> <p>2. Синтез люминесцентных наноматериалов.</p> <p>3. Инертные газы в технологии производства.</p> <p>4. Исследование светотехнических характеристик дисплеев.</p> <p>5. Ионная имплантация.</p>	72	Выступление на семинарских занятиях с докладом Защита курсового задания

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачёта в конце 5 семестра, курсовой работы в 6 и 7 семестрах, экзаменов на 3 и 4 курсе в конце 6 и 7 семестров.

Для получения зачёта студент должен правильно ответить на 2 вопроса. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Пример вопросов к зачёту:

### Вариант № 1

1. Классификация особо чистых веществ.
2. Метод зонной плавки для глубокой очистки монокристаллов.

Промежуточная аттестация по курсу проводится по результатам защиты курсовых работ и экзаменов. Экзаменационный билет содержит три вопроса. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Пример вопросов к экзамену в 6 семестре:

### Вариант № 1

1. Классификация особо чистых веществ.
2. Источники нестабильности на фронте кристаллизации.
3. Требования, предъявляемые к различным классам материалов для электроники. Степень чистоты. Качество поверхности. Специфические функциональные характеристики.

Пример вопросов к экзамену в 7 семестре:

### Вариант № 1

1. Требования к сырью для люминофоров.
2. Эмиттеры. Оксиды щелочно-земельных и редкоземельных металлов, свойства, получение. Термообработка и активирование. Технология получения прессованных вольфрамовых катодов. Влияние химической природы эмиттеров на их свойства.
3. Основные схемы получения светопоглощающих материалов.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю. К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. - 106 с.

2. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо-чистые вещества: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 91 с.
3. Раскин, А.А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники : учебное пособие: Часть 1. Для вузов по направлению подготовки 210100 «Электроника и микроэлектроника» / А.А. Раскин. – Москва : Бином, 2010. - 164 с. - ISBN 978-5-94774-913-7.
4. Роцин, В.М. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники : учебное пособие : Часть 2. Для вузов по направлению подготовки 210100 «Электроника и микроэлектроника» / В. М. Роцин, М. В. Силибин. – Москва : Бином, 2010. - 180 с. - ISBN 978-5-94774-913-7.
5. Определение цветовых координат люминофоров и их смесей : методические указания к лабораторной работе / Н.В. Захарова, М.М. Сычев, В.Г.Корсаков [ и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения, Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 23 с.
6. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Петербургский государственный университет путей сообщения - Санкт-Петербург : ПГУПС, 2008. - 177 с. ISBN 978-5-7641-0171-2.
7. Лукашова, Т.В. Варианты заданий и пример решения по двухкомпонентным диаграммам состояния: методическое указание / Т.В. Лукашова, М.М. Сычев, С.И. Гринева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008. – 41 с.
8. Химическая диагностика материалов / В.Г. Корсаков, М. М. Сычев, С. В. Мякин, Л. Б. Сватовская; Министерство образования и науки Российской Федерации, Петербургский государственный университет путей сообщения - Санкт-Петербург : ПГУПС, 2010. – 224 с. ISBN 978-5-7641-0254-2.
9. Александров, С. Е. Технология полупроводниковых материалов: Учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 230с. ISBN 978-5-8114-1290-7.
10. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и спец. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.]; под ред. В. Г. Айнштейна. - 2-е изд. - Москва : Физматкнига ; Москва : ЛОГОС. - Кн. 2. - 2006. - 876 с. ISBN 5-98704-090-6.
11. Алексеев, С.А. Электр люминесцентные панели на основе полимерных композитов: методические указания к лабораторной работе / С. А. Алексеев, М. М. Сычев, В. Г. Корсаков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2005. - 18 с.
12. Бахметьев, В.В. Синтез и исследование свойств цинк-сульфидного люминофора: методические указания к лабораторной работе / В. В. Бахметьев, М. М. Сычев, В. Г. Корсаков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2005. - 18 с.

#### **б) электронные издания:**

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : в 2 кн. : Учебник / Под ред. В. Г. Айнштейна. - 8-е изд., стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2019. - ISBN 978-5-8114-2975-2 // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.05.2020). - Режим доступа: по подписке.

2. Удалов, Ю.П. Технология монокристаллов и особо чистых веществ : Практикум / Ю. П. Удалов, Б. А. Лавров, Н. В. Мураховская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра общей химической технологии и катализа. - – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2016. - 76 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.06.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники : Учебное пособие / Ю. К. Ежовский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. 106 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.06.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

#### **- Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)**

Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114\_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.lti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;  
<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));  
<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);  
<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;  
<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению;

СТО СПбГТИ(ГУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Операционная система Microsoft Windows 10 Professional;
- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- Apache OpenOffice.org (Apache 2.0) / LibreOffice (GNU LGPL 3+, MPL2.0).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.

3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения лабораторных занятий используется следующее оборудование:

1. Исследовательский радиометр IL1700
2. Спектрофлуориметр AvaSpec-3648
3. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123
4. Источник питания постоянного тока Б5-44
5. Вольтметр универсальный В7-27А/1
6. Вольтметр универсальный В7-21А
7. Измеритель иммитанса Е7-20
8. Вакуумный сушильный шкаф SPT-200
9. Вакуумный насос ВН-461М
10. Спектрофотометр СФ-56
11. Бидистиллятор стеклянный БС
12. Колонка с ионообменной смолой
13. Мегомметр ПС-1
14. Весы электронные аналитические ALC-210d4
15. Весы электронные технические ЕТ-300
16. Магнитная мешалка ММ-5
17. Стеклянная посуда: колбы, мерные цилиндры, водоструйный насос, холодильник, чашки Петри, колба Бунзена, воронка Бюхнера, ртутный термометр
18. Электродуховка камерная лабораторная SNOL 6,7/1300
19. Ротационный вискозиметр «Rheotest»
20. Дифрактометр рентгеновский ДРОН 3
21. Установка выращивания монокристаллов с температурой до 1850<sup>0</sup>С.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Номер компетенции	Суть компетенции	Этап Формирования
ПК-5	<b>Способен применять на практике физические и химические процессы, протекающие при получении, обработке и модификации наноматериалов и изделий из них</b>	Промежуточный

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций.

Оценка проводится по 5-бальной системе, при этом пороговому уровню соответствует 3 балла, повышенному - 5.

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-5.1.</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения заданного класса наноматериалов.	<b>знает:</b> основные свойства и области применения наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе (ЗН-1);	Ответы на вопросы №25-28,30,32,35, 39, 46 к экзамену.	Имеет представления об основных типах наноматериалов для электроники и фотоники и их свойствах.	Понимает принципы выбора материалов для заданных условий.	Может самостоятельно выбрать наноматериал для в зависимости от требуемых характеристик наносистемы.
	<b>умеет:</b> контролировать характеристики наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе (У-1);	Ответы на вопросы №1-4 к зачёту и вопросы 29,33,34,38, к экзамену Выполнение курсовых работ.	Воспроизводит термины, основные понятия, знает основные характеристики наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.	Способен при помощи преподавателя выбрать методы контроля характеристик наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.	Способен самостоятельно выбрать методы контроля характеристик наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.
	<b>владеет:</b> способами и методами производства наноматериалов	Ответы на вопросы №5-24 к зачёту и	Имеет представление о способах получения, свойствах и	Способен при помощи преподавателя	Способен самостоятельно выбрать методы

	для электроники и фотоники и наносистем на их основе (Н-1)	вопросы 31,36,37,40-45,47-75 к экзамену.  Выполнение курсовых работ.	применении наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.	выбрать методы изготовления наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.	изготовления наноматериалов для электроники и фотоники и наносистем на их основе.
--	--	--	---	--	---

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта, защиты курсовых работ и экзаменов. Для получения зачёта и экзамена должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме выступлений на семинарских занятиях с докладом на выбранную студентом тему (см. перечень вопросов для самостоятельного изучения).

#### **Контрольные вопросы для проведения зачёта:**

1. Классификация особо чистых веществ.
2. Химические и физические примеси.
3. Нормирование микропримесей.
4. Требования к производству особо чистых веществ.
5. Принципы генетической систематики при получении особо чистых веществ.
6. Зависимость коэффициента распределения от температуры.
7. Физико-химическая очистка вещества А от примесей путём испарения твёрдого раствора или расплава АВх.
8. Очистка методом химической реакции с переводом в пар примеси В, либо основного вещества А.
9. Суть нарушений закона Аррениуса при получении особо чистых веществ по генетическому типу GIV (способы а) и б)).
10. Структура и свойства элементоорганических веществ для плазмохимического получения особо чистых веществ.
11. Плазмохимический синтез особо чистых веществ.
12. Физико-химические основы выращивания монокристаллов тигельными методами.
13. Температурное поле в технологической зоне при тигельных методах выращивания монокристаллов.
14. Технологические операции при получении монокристаллов.
15. Структурная схема управления процессом выращивания кристаллов из расплава.
16. Распределение примесей при кристаллизации расплава. Равновесный и эффективный коэффициент распределения.
17. Метод зонной плавки для глубокой очистки монокристаллов.
18. Метод выращивания монокристаллов Чохральского.
19. Газофазные методы выращивания монокристаллов.
20. Материалы, применяемые для изготовления контейнеров.
21. Требования к форме фронта кристаллизации и скорости вытягивания при выращивании монокристаллов.
22. Источники нестабильности на фронте кристаллизации.
23. Способы нагрева, используемые в установках для выращивания монокристаллов.
24. Способы управления качеством растущего кристалла при выращивании из тиглей.

#### **Контрольные вопросы для проведения экзамена в 6 семестре:**

25. Классификация особо чистых веществ.
26. Химические и физические примеси.
27. Нормирование микропримесей.
28. Требования к производству особо чистых веществ.
29. Принципы генетической систематики при получении особо чистых веществ.
30. Зависимость коэффициента распределения от температуры.
31. Физико-химическая очистка вещества А от примесей путём испарения твёрдого раствора или расплава АВх.
32. Очистка методом химической реакции с переводом в пар примеси В, либо основного вещества А.

33. Суть нарушений закона Аррениуса при получении особо чистых веществ по генетическому типу GIV (способы а) и б)).
34. Структура и свойства элементоорганических веществ для плазмохимического получения особо чистых веществ.
35. Плазмохимический синтез особо чистых веществ.
36. Физико-химические основы выращивания монокристаллов тигельными методами.
37. Температурное поле в технологической зоне при тигельных методах выращивания монокристаллов.
38. Технологические операции при получении монокристаллов.
39. Структурная схема управления процессом выращивания кристаллов из расплава.
40. Распределение примесей при кристаллизации расплава. Равновесный и эффективный коэффициент распределения.
41. Метод зонной плавки для глубокой очистки монокристаллов.
42. Метод выращивания монокристаллов Чохральского.
43. Газофазные методы выращивания монокристаллов.
44. Материалы, применяемые для изготовления контейнеров.
45. Требования к форме фронта кристаллизации и скорости вытягивания при выращивании монокристаллов.
46. Источники нестабильности на фронте кристаллизации.
47. Способы нагрева, используемые в установках для выращивания монокристаллов.
48. Способы управления качеством растущего кристалла при выращивании из тиглей.
49. Требования по чистоте и качеству к светотехническим материалам.
50. Классификация современных источников оптического излучения.
51. Специальные источники света.
52. Основные параметры источников света, физические и полезные сроки службы источников оптического излучения; требования, предъявляемые к источникам света.
53. Требования, предъявляемые к различным классам материалов для электроники. Степень чистоты. Качество поверхности. Специфические функциональные характеристики.
54. Вспомогательные материалы.
55. Производство тугоплавких металлов.

#### **Контрольные вопросы для проведения экзамена в 7 семестре:**

56. Вспомогательные функциональные материалы в конструкции систем оптической записи информации. Подложки. Промежуточные защитные слои. Основные требования к ним.
57. Требования к сырью для люминофоров.
58. Основные типы материалов, применяемых в качестве регистрирующего слоя. Требования к ним.
59. Стекло.
60. Технология производства стекла и деталей из него для источников света.
61. Особенности кварцевого стекла и производства изделий из него.
62. Виды волоконнооптических материалов, требования к ним, основные характеристики.
63. Основные типы волоконно-оптических приборов.
64. Технологические газы и их свойства. Газовые смеси, технология приготовления газовых смесей. Способы очистки газов от примесей. Принципы построения газоочистных установок.
65. Состав люминофорных суспензий. Светоотражающие, светорассеивающие и теплоотражающие покрытия. Состав и приготовление покрытий.
66. Геттеры. Приготовление геттеров.
67. Пайка. Припой и флюсы. Способы пайки. Технология пайки. Сварка, виды, технология. Способы улучшения свариваемости металлов.

68. Эмиттеры. Оксиды щелочно-земельных и редкоземельных металлов, свойства, получение. Термообработка и активирование. Технология получения прессованных вольфрамовых катодов. Влияние химической природы эмиттеров на их свойства.
69. Общие принципы конструирования видеодисплеев.
70. Особенности синтеза оптически прозрачных оксидов алюминия и иттрия.
71. Основные схемы получения светопоглощающих материалов.
72. Покрытия для электродов.
73. Оптические запоминающие системы. Принципы и механизмы оптической записи информации. Конструкция оптических систем однократной и многократной записи информации.
74. Газоразрядные приборы.
75. Трафаретная печать.

#### **4 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

#### **5. Курсовые работы**

**Курсовая работа 1** состоит:

- Титульный лист
- Лист с заданием на курсовую работу (исходные данные к работе – текст лекций по курсу «Фотометрия», текст лекций к курсу «Химическая технология наносистем»)
- Оглавление
- Теоретическая часть
- Расчетная часть
- Вывод по работе
- Список цитированной литературы, оформленный согласно стандарта

Работу необходимо сдать в бумажном и электронном виде.

Постановка задачи.

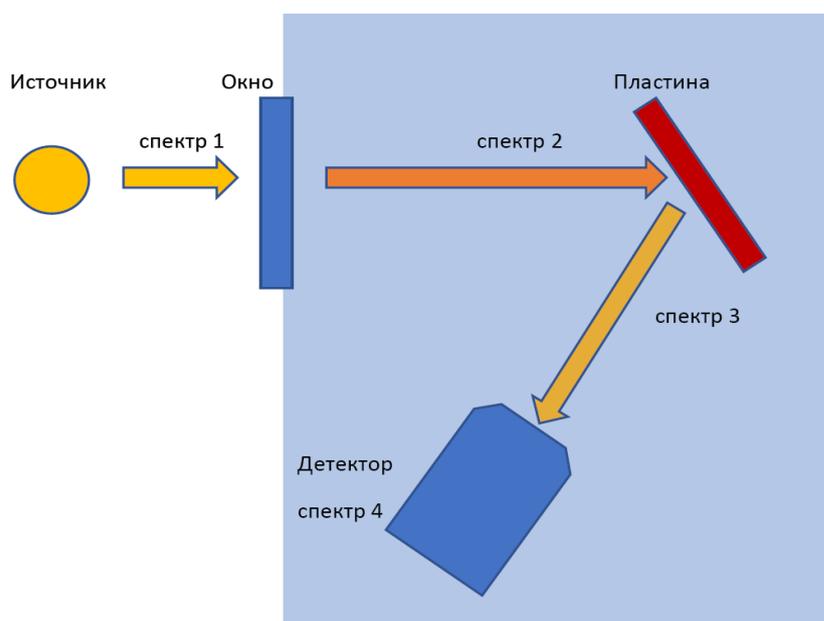
Теоретическая часть – написать реферат на 8-10 стр. по теме с номером, соответствующим номеру варианта:

1. Химические методы очистки веществ.
2. Физические методы очистки веществ.
3. Термодинамическая теория роста кристаллов.
4. Влияние внешних воздействий на процесс кристаллизации.
5. Выращивание монокристаллов из расплава методом направленной кристаллизации. Метод Обреимова-Шубникова, Бриджмена – вертикальный и горизонтальный, Стокбаргера.
6. Выращивание монокристаллов методом вытягивания из расплава. Методы Чохральского и Кирополуса.
7. Выращивание монокристаллов методом Вернейля. Образование дефектов в кристаллах, растущих из расплава.
8. Выращивание монокристаллов из растворов.
9. Выращивание монокристаллов из раствора в расплаве.
10. Выращивание монокристаллов из газовой фазы.
11. Зонная диаграмма твердого тела, донорные и акцепторные примеси, излучательные и безизлучательные переходы между уровнями.
12. Производство стекла, его свойства.

13. Технология получения тугоплавких материалов.
14. Технологические газы и их свойства.
15. Геттеры. Изготовление геттеров.
16. Эмиттеры. Влияние химической природы эмиттеров на их свойства.
17. Метод зонной плавки.
18. Получение особо чистого диоксида кремния.

Расчетная часть (с новой страницы)

Произвести расчеты в соответствии с приведенной ниже схемой.



Имеется источник, имеющий определенный спектр излучения. Предполагаем, что мы хотим измерить этот спектр с помощью сконструированного нами прибора (голубой прямоугольник). Излучение источника попадает в прибор через стеклянное входное окно, имеющее определенный спектр пропускания. Далее излучение отражается от пластины (например – дифракционной решетки, используемой в качестве монохроматора), имеющей коэффициент отражения, зависящий от длины волны падающего излучения. Наконец, излучение попадает в детектор (например полупроводниковый диод), который может измерить интенсивность излучения в зависимости от длины волны, причем чувствительность детектора к излучению для разных длин волн разная.

Необходимо:

1. Зарисовать вышеприведенную схему и дать к ней пояснение.
2. Используя исходные данные согласно № своего варианта, необходимо рассчитать спектр излучения после прохождения через входное окно. Нарисовать на одном графике исходный спектр (спектр 1) и спектр излучения после прохождения через окно (спектр 2). Дать качественное пояснение – как изменился спектр и почему. Сделать вывод, подходит ли данный материал окна для того, чтобы использоваться в приборе, предназначенном для измерения спектра данного источника.
3. Рассчитать спектр излучения после отражения от пластины (спектр 3). Нарисовать на одном графике спектры 2 и 3. Дать качественное пояснение – как изменился спектр и почему. Сделать вывод, подходит ли данная пластина для использования в приборе, предназначенном для измерения спектра данного источника.
4. Рассчитать спектр, который измерит детектор (спектр 4). Нарисовать на одном графике спектры 3 и 4. Дать качественное пояснение – чем измеренный спектр отличается от

истинного, насколько сильно, хорошо это или плохо и почему. Подходит ли детектор для измерения данного излучения.

5. Нарисовать на одном графике спектры 1 и 4. Дать качественное пояснение – существенно ли измеренный спектр отличается от излученного источником и почему. Подходит ли сконструированный нами детектор для измерения данного излучения.

6. Рассчитать интенсивность исходного излучения; излучения прошедшего через светофильтр (отражение от каждой из поверхностей светофильтра не учитываем); интенсивность излучения, отраженного от пластины (считаем, что используемые в расчетах коэффициенты отражения соответствуют углу отражения, который изображен на схеме).

7. Отобразить все результаты вышеперечисленных расчетов в сводной таблице.

Вывод по работе

Исходя из полученных результатов сделать вывод о том, какими свойствами должны обладать материалы, используемые в конструкции оптических приборов, чтобы эти приборы обладали максимальной чувствительностью и точностью.

**Курсовая работа 2** состоит:

- Титульный лист
- Лист с заданием на курсовую работу (исходные данные к работе – текст лекций по курсу «Фотометрия», текст лекций к курсу «Химическая технология наносистем»)
- Оглавление
- Теоретическая часть
- Расчетная часть
- Выводы по работе
- Список цитированной литературы, оформленный согласно стандарта.

Работу необходимо сдать в бумажном и электронном виде.

Постановка задачи

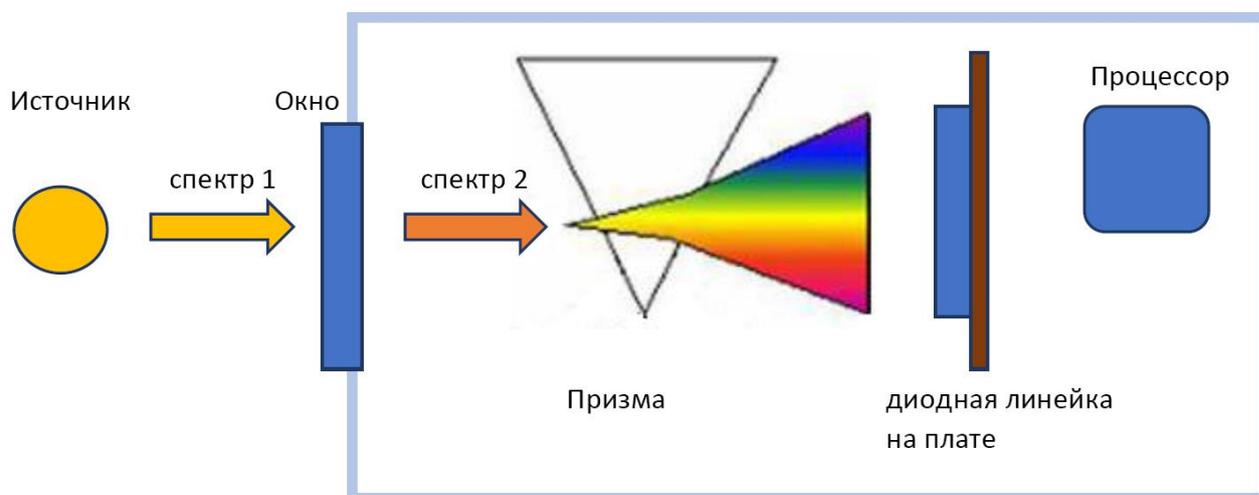
Теоретическая часть – написать реферат на 8-10 стр. по теме с номером, соответствующим номеру варианта. Содержание должно быть оригинальным.

1. Сцинтилляторы для компьютерной томографии. Материалы, их получение и свойства.
2. Жидкокристаллические дисплеи. Конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
3. Фототранзисторы. Конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
4. Электрохромные дисплеи. Конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
5. Электрофоретические дисплеи (электронная бумага). Конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
6. Светодиоды – конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
7. Фотодиоды – конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
8. Светофильтры. Принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
9. Фоторезисторы. Принцип действия, применяемые материалы. Болометры.
10. OLED дисплеи. Конструкция, принцип действия, применяемые материалы, их получение и характеристики.
11. Низковольтные катодолюминесцентные индикаторы. Применяемые люминофоры, их получение и характеристики.
12. Прозрачные проводящие покрытия для дисплеев.
13. Квантовые точки – определение, получение, свойства, применение.

14. Волноводы – применяемые материалы, их свойства и получение.
15. Люминофоры для тонкопленочных электролюминесцентных устройств.
16. Люминофоры для порошковых электролюминесцентных устройств переменного тока.
17. Оптические полимерные материалы, требования к ним, свойства, применение.
18. Материалы для сенсорных дисплеев, требования к ним, свойства и изготовление сенсорных устройств.
19. Особенности производства деталей из кварцевого и кварцоидного стекла. Свойства стекла. Приготовление шихты для кварцевого стекла.

Расчетная часть (с новой страницы)

Произвести расчеты в соответствии с приведенной ниже схемой.



Имеется источник, имеющий определенный спектр излучения (согласно номера Вашего варианта). Предполагаем, что мы хотим измерить цветовые характеристики излучения этого источника (координаты цветности) с помощью сконструированного нами прибора (голубой прямоугольник). Излучение источника попадает в прибор через стеклянное входное окно, имеющее определенный спектр пропускания (спектр пропускания окна). Далее излучение раскладывается на составляющие с помощью монохроматора - стеклянной призмы, также имеющей определенный спектр пропускания (спектр пропускания призмы). Наконец, излучение попадает в детектор (например, линейку из полупроводниковых диодов), который может замерить интенсивность излучения для каждой длины волны, причем чувствительность детектора к излучению для разных длин волн разная (коэффициент спектральной чувствительности детектора).

Необходимо:

1. Зарисовать вышеприведенную схему и дать к ней пояснение.
2. Используя исходные данные согласно № своего варианта, необходимо:
  - a. Построить спектр излучения источника.
  - b. Рассчитать координаты цветности этого излучения. Пояснить, необходимо ли в этих расчетах использовать части спектра, приходящиеся на УФ и ИК области и почему.
  - c. Нанести координаты на цветовой треугольник.
3. Рассчитать спектр излучения после прохождения через входное окно. Нарисовать на одном графике нормированные исходный спектр (спектр 1) и спектр излучения после прохождения через окно (спектр 2). Дать качественное пояснение – как изменился спектр и

почему. Рассчитать координаты цветности этого излучения и нанести на цветовой треугольник. Дать пояснение куда и почему сместились координаты (если изменения в координатах цветности небольшие, то построить также увеличенный фрагмент цветового треугольника, на котором точки не совпадают).

4. Рассчитать спектр излучения после прохождения монохроматора (спектр 3). Нарисовать на одном графике нормированные спектры 2 и 3. Дать качественное пояснение – как изменился спектр и почему. Рассчитать координаты цветности этого излучения и нанести на цветовой треугольник. Дать пояснение куда и почему сместились координаты.

5. Рассчитать спектр, который измерит детектор (спектр 4). Нарисовать на одном графике нормированные спектры 3 и 4. Дать качественное пояснение – как изменился спектр и почему. Рассчитать координаты цветности этого излучения и нанести на цветовой треугольник. Дать пояснение куда и почему сместились координаты.

6. Нарисовать на одном графике спектры 1 и 4 в обычных и лог-нормальных координатах. Дать качественное пояснение – существенно ли измеренный спектр отличается от излученного источником и почему.

7. Сравнить истинные координаты цветности источника и координаты, измеренные прибором.

8. Оценить абсолютную и относительную погрешность измерений. Сделать вывод о точности сконструированного нами прибора и возможных путях ее повышения.

#### Вывод по работе

Исходя из полученных результатов сделать вывод о том, какими свойствами должны обладать материалы, используемые в конструкции прибора, предназначенного для измерения координат цветности.