

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 11.07.2023 11:02:46  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Возобновляемая солнечная  
энергетика (renewable solar  
energy)»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ  
(OPTICS AND OPTICAL MEASUREMENTS IN SOLAR ENERGY)»**

для подготовки магистров

по направлению

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

по программе

**«Возобновляемая солнечная энергетика (renewable solar energy)»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Коноплев Г.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Фот  
16.05.2022, протокол № 3/22

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 16.06.2022, протокол № 3/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	Фот
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	1
Семестр	2
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ (OPTICS AND OPTICAL MEASUREMENTS IN SOLAR ENERGY)»**

Дисциплина «Оптика и оптические измерения в солнечной энергетике» является базовой для подготовки магистров в области солнечной энергетики. Основные разделы курса лекций направлены на изучение основ физической оптики и оптических методов исследования. Помимо приобретения теоретических знаний студенты учатся грамотно выбирать оптические методы характеристики материалов и структур солнечной энергетики, приобретают навыки работы со спектральной аппаратурой и другими оптико-электронными аналитическими приборами.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«OPTICS AND OPTICAL MEASUREMENTS IN SOLAR ENERGY»**

The course "Optics and Optical Measurements in Solar Energy" is essential for the preparation of master students in the field of solar energy. The main chapters of the course are aimed at studying the fundamentals of physical optics and optical analytical techniques. In addition to acquiring theoretical knowledge, students learn to correctly choose optical methods for characterizing materials and structures of solar energy, acquire skills in working with spectral equipment and other optoelectronic analytical instruments.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

#### 1. Цели дисциплины:

- изучение основ физической оптики и оптических методов исследования;
- формирование умений грамотно выбирать оптические методы характеристики материалов и структур солнечной энергетике;
- приобретение навыков работы со спектральной аппаратурой и другими оптико-электронными аналитическими приборами.

#### 2. Задачи дисциплины:

- приобретение знаний в области фундаментальных свойств электромагнитных волн, усреднений в оптике, распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах, явлений на границе раздела диэлектриков и поверхности металлов;
- приобретение знаний в области интерференции, дифракции и рассеяния оптического излучения, поляризационных явлений;
- приобретение знаний в области оптических методов исследования и оптико-электронной аналитической аппаратуры;
- формирование умений грамотно выбирать оптические методы характеристики материалов и структур солнечной энергетике;
- формирование базовых навыков работы со спектральной аппаратурой и другими оптико-электронными аналитическими приборами.

#### 3. Знания:

- основных физических явлений, сопровождающих распространение оптического излучения в изотропных и анизотропных средах, оптических явлений на границе раздела диэлектриков и поверхности металлов;
- основных законов интерференции и дифракции света;

-законов теплового излучения, светорассеяния, поляризационных явлений в оптике;

-основ фотометрии и актинометрических приборов;

-спектральных, интерференционных и поляризационных методов исследования.

4. Умения грамотно выбирать оптические методы характеристики материалов и структур солнечной энергетики.

5. Базовые навыки работы со спектральной аппаратурой и другими оптико-электронными аналитическими приборами.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Материалы солнечной энергетики(Solar Energy Materials)»

2. «Диагностика материалов и структур солнечной энергетики (Diagnostics of Solar Energy Materials and Structures)»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Лазерные технологии в производстве солнечных модулей (Laser Technologies in Manufacturing of Solar Modules)»

2. «Технология солнечных элементов и модулей (Technology of Solar Cells and Modules)»

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
<i>ПК-1.1</i>	<i>Знает принципы построения и функционирования изделий микро-и наноэлектроники</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Умеет рассчитывать предельно-допустимые и предельные режимы работы изделий микро-и наноэлектроники</i>
<i>ПК-1.3</i>	<i>Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро и наноэлектроники</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			0	
2	Свойства электромагнитных волн	2			0	6
3	Распространение излучения в изотропных средах. Явления на границе раздела сред	2			0	6
4	Основы фотометрии. Излучение абсолютно черного тела. Датчики солнечной радиации.	2	2		0	4
5	Интерференция света	2	2	0	0	8
6	Дифракция света	1		3	1	6
7	Спектральные измерения	2	7	5	0	8
8	Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	2	2	6	0	6
9	Геометрическая оптика	2	2	3	0	8
10	Рассеяние света	0	2		0	4
11	Заключение	1			0	
	Итого, ач	17	17	17	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины – “Оптика и оптические измерения”. Основные характеристики электромагнитного поля. Спектр электромагнитных волн. Оптический диапазон волн -его особенности и области применения. Оптические методы контроля в технологическом цикле производства солнечных элементов и модулей.
2	Свойства электромагнитных волн	Уравнения Максвелла и основные следствия из них. Волновое уравнение. Метод комплексных амплитуд для описания электромагнитного поля. Уравнения Максвелла и волновые уравнения Гельмгольца в комплексной форме. Плотность потока энергии и импульса электромагнитных волн. Усреднения в оптике.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Распространение излучения в изотропных средах. Явления на границе раздела сред	<p>Распространение света в диэлектриках. Комплексный показатель преломления, затухание излучения, оптические константы, закон Бугера-Ламберта-Бера. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия. Оптические свойства сред. Распространение волнового пакета, фазовая и групповая скорости. Квазимонохроматический свет.</p> <p>Отражение и преломление света на границе раздела сред. Формулы Френеля. Явление Брюстера. Полное внутреннее отражение света. Глубина проникновения преломленной волны. Фазовые соотношения компонентов отраженной волны. Практическое применение явления полного отражения, нарушенное полное внутреннее отражение. Распространение света в проводящих средах. Глубина проникновения. Среда с малой электропроводностью. Отражение света от проводящих поверхностей. Связь между поглощательной и отражательной способностью.</p>
4	Основы фотометрии. Излучение абсолютно черного тела. Датчики солнечной радиации.	<p>Энергетические и светотехнические единицы, их связь. Понятие ламбертовского рассеивателя. Тепловое излучение, Законы излучения абсолютно черного тела. Отражение, пропускание и поглощение света. Измерения солнечной радиации. Датчики солнечной радиации: пиргелиометры, пиранометры, актинометры.</p>
5	Интерференция света	<p>Двухлучевая интерференция. Интерференция монохроматического света. Принцип Фурье-спектроскопии. Источник конечного размера. Временная и пространственная когерентность. Типы интерферометров. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо.</p> <p>Интерференция в тонких пленках, слои с нулевым отражением, высокоотражающие слои. Многослойные диэлектрические структуры, интерференционные фильтры, диэлектрические зеркала. Матричный метод расчета многослойных пленок.</p>
6	Дифракция света	<p>Дифракция Френеля. Дифракция на полубесконечном крае. Параметр дифракции (изучается самостоятельно). Дифракция Фраунгофера. Дифракция на щели. Дифракция на круглом отверстии. Дифракционные решетки. Фазовые решетки.</p>
7	Спектральные измерения	<p>Виды спектрального анализа. Классификация спектральных приборов. Спектральные приборы классического типа. Основные характеристики спектральных приборов. Основные элементы спектральных приборов. Монохроматоры и полихроматоры. Спектрометры и спектрофотометры. ИК Фурье-спектрометрия.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
8	Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	Поляризация света, виды поляризации. Получение поляризованного света. Описание анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Плоская электромагнитная волна в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Типы возможных волн. Одноосные и двухосные кристаллы. Эллипсоид волновых нормалей. Эллипсоид лучевых скоростей. Двойное лучепреломление. Построение Гюйгенса. Поляризационные и двоякопреломляющие призмы. Поляроиды. Фазовые пластинки Математическое описание поляризации: метод матриц Джонса и метод матриц Мюллера, параметры Стокса. Анализ поляризованного излучения, поляриметрия. Основные принципы эллипсометрии, виды эллипсометров, спектральные эллипсометры. Характеризация тонкопленочных структур с помощью эллипсометрии.
9	Геометрическая оптика	Уравнение эйконала. Принцип Ферма. Распространение луча в среде с переменным показателем преломления. Свойства оптической системы в параксиальной области. Идеальная оптическая система. Матричный метод расчета оптической системы. Построение изображений.
10	Рассеяние света	Природа процессов рассеяния. Типы рассеяния. Релевское рассеяние. Закон Релея. Ослабление рассеянного излучения. Рассеяние Ми. Распределение интенсивности по углам и поляризация рассеянного излучения. Рассеяние Мандельштамма-Бриллюэна. Комбинационное рассеяние.
11	Заключение	Основные тенденции развития оптики.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Определение фокусных расстояний линз и сферических зеркал	3
2. Исследование дифракции Фраунгофера при когерентном и некогерентном освещении преграды и измерение диаметра тонких проволок	3
3. Градуировка многоканального автоматизированного УФ спектрофотометра	2
4. Исследование явления вращения плоскости поляризации и определение концентрации растворов глюкозы	3
5. Исследование спектров оптического поглощения аморфных полупроводников.	3
6. Исследование поверхностей и тонкослойных покрытий методом отражательной эллипсометрии	3

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
Итого	17

### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Датчики солнечной радиации	2
2. Спектрофотометрические методы исследования. Спектрофотометры.	3
3. ИК Фурье-спектрометрия	2
4. Спектроскопия комбинационного рассеяния	2
5. Эллипсометрия	2
6. Геометрическая оптика. Расчет оптических систем	2
7. Интерференционные просветляющие покрытия и диэлектрические зеркала	2
8. Светорассеяние	2
Итого	17

### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

### 4.7 Доклад

Целью подготовки доклада является получение углубленных знаний по теме, связанной с практическим оптических методов исследования для характеристики материалов и структур солнечной энергетики.

Тема выбирается студентом с учетом тематики будущей ВКР и согласуется с преподавателем.

Доклад должен отражать текущее состояние научно-технической проблемы, обязательно использование не менее 5 источников (не менее половины - научные статьи в высокорейтинговых журналах не старше 5 лет, предпочтительно обзорные). Продолжительность доклада не менее 15 и не более 30 минут, обязательная подготовка презентации (не менее 10 слайдов).

Примерные темы докладов:

1. Рамановская спектроскопия в исследовании материалов солнечной энергетики (Raman Spectroscopy in Solar Energy Materials Characterization)
2. ИК Фурье-спектроскопия в исследовании материалов солнечной энергетики (FTIR Spectroscopy in Solar Energy Materials Characterization)
3. Методы снижения потерь на френелевское отражение в солнечной энергетике (Minimization of Fresnel Losses in Solar Energy)
4. Контроль солнечных элементов методом электролюминесценции (Testing of Solar Cells by Electroluminescence).
5. Методы исследования прозрачных проводящих оксидов (Methods of Characterization of TCO layers).

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной рабо-

ты, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	4
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	5
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	5
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	3
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>56</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	DiMarzio Charles A. Optics for engineers [Текст] / С. А. DiMarzio, 2012. - XXIII, 535 с.	6
2	Василевский, Александр Михайлович. Optics and optical measurements in solar energy [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. М. Василевский, Г. А. Коноплев, О. С. Степанова, 2020. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Photonics [Текст] : scientific foundations, technology and applications / ed. by D. L. Andrews. -(A wiley-science wise co-publication). Vol. I : Fundamentals of Photonics and Physics, 2015. -xiv, 456 с.	3
Дополнительная литература		
1	Filatov Yu.V. Wave optics [Электронный ресурс] : tutorial / Yu. V. Filatov, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Venedictov V.Yu. Fundamentals of nonlinear optics [Электронный ресурс] : tutorial / V. Yu. Venedictov, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Photonics [Текст] : scientific foundations, technology and applications / ed. by D. L. Andrews. -(A wiley-science wise co-publication). Vol. II : Nanophotonic Structures and Materials, 2015. -xii, 412 с.	3
4	da Rosa, Aldo Vieira. Fundamentals of renewable energy processes [Текст] : монография / A. V. da Rosa, 2013. -884 с.	4

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Justin Peatross, Michael Ware, Physics of Light and Optics. Textbook. <a href="https://optics.byu.edu/docs/OpticsBook.pdf">https://optics.byu.edu/docs/OpticsBook.pdf</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11069>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Оптика и оптические измерения в солнечной энергетике (Optics and Optical Measurements in Solar Energy)» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Допуск к экзамену осуществляется при условии: посещения 70% занятий, представления доклада на положительную оценку, сдачи двух контрольных работ на положительную оценку, выполнении отчетов по 6 лабораторным работам и успешной защиты отчетов по ним на 2 коллоквиумах. Экзамен проводится в форме устного ответа на вопросы экзаменационного билета.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Electromagnetic waves (EM waves) in a vacuum. Energy carried by electromagnetic waves.
2	Propagation of electromagnetic waves in dielectric media. Dissipation of electromagnetic waves, complex refractive index, Bouguer-Lambert law.
3	Dispersion of electromagnetic waves in isotropic dielectric media.
4	Quasi-monochromatic light. Group velocity.
5	Boundary phenomena. Surface reflectivity at normal incidence.
6	Boundary phenomena. Incidence at arbitrary angles. Fresnel equations.
7	Brewster's phenomena. Brewster angle..
8	Total internal reflection.
9	Spectral instrumentation, classification. Schematic diagram of a grating/prism spectrometer. Instrument response function.
10	Basic parameters of spectral instruments: limit of resolution (theoretical and real), dispersion, and light collecting power.
11	Diffraction gratings as a dispersive element. Concave diffraction gratings.
12	Prisms as a dispersive element.
13	Light sources in spectrometers.
14	Monochromators and polychromators: possible configurations, basic parameters, instrument response function.
15	Interference in optics. Interferometry.
16	Two beam interference. Michelson interferometer.
17	Interference in thin films. Measurement of film thickness. Antireflective layers.
18	Интерференция, реализуемая делением амплитуды. Интерференция в пластинах. Полосы равной толщины и равного наклона.
19	Interference in thin films. Highly reflective layers. Dielectric (dichroic) mirrors.
20	Multibeam interference. Fabry-Perot interferometer. Interferential filters.
21	Fourier transform spectrometers.

22	Radiometric and photometric quantities.
23	Lambertian reflectance. Black-body radiation.
24	Reflection, absorption, and transmission of optical radiation. Specular, diffuse, and mixed reflection and transmission; haze factor. Integrating spheres.
25	Solar Radiation Measurements. Definitions and instrumentation.
26	Polarization of electromagnetic waves.
27	Generation of polarized light: polarizers, retardation plates.
28	Mathematical description of polarization. Jones vectors and Jones matrices.
29	Mathematical description of polarization. Stocks vectors and Mueller matrices.
30	Analysis of polarized light. Ellipsometry. PSA and PCSA ellipsometers.

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Optics and optical measurements in solar energy ФЭЛ

1. Total internal reflection.
2. Polarization of electromagnetic waves.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С.А. Тарасов

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

#### Контрольная работа № 1

**1. For each question choose the correct answer from the list (highlight the text). Some equations may be multiple-choice.**

**1.1 The dispersion of light is normal when?**

- a)  $(\delta n/\delta\omega) > 0$
- b)  $(\delta n/\delta\omega) < 0$
- c)  $(\delta n/\delta\omega) = 0$

**1.2 The reflected EM wave is fully polarized when incident EM wave \_\_\_ to the boundary?**

- a) normal
- b) at critical angle
- c) at Brewster angle

**1.3 Photon energy is 1 eV. It is \_\_\_ region?**

- a) UV
- b) visible
- c) IR

**1.4 Frequency of EM wave is  $6 \times 10^{14}$  Hz. It is \_\_\_ region?**

- a) UV
- b) visible
- c) IR

**1.5 Antireflective coating are based on**

- a) diffraction
- b) interference
- c) scattering

**1.6 When light travels via the boundary of two dielectric media, the wavelength**

\_\_\_\_\_

- a) changes
- b) does not change

c) the answer depends on the polarization of an incident wave

**1.7 Total internal reflection occur when**

a)  $n_1 > n_2$

b)  $n_1 < n_2$

c) the answer depends on the polarization of an incident wave

**1.8 Wavenumber characterize**

a) speed of EM wave

b) spatial frequency

c) polarization

**1.9 Maximum intensity wavelength in the solar radiation spectrum lies at the wavelength**

a) 1100 nm

b) 470 nm

c) 555 nm

**1.10 For measuring direct solar radiation we use**

a) pyrhelimeter

b) diffusimeter

c) pyramometer

**2. Open questions. Handwrite your answer and scan or photograph it (no more than two A4 pages for each question)**

**2.1 Boundary phenomena. Surface reflectivity at normal incidence.**

**2.2 Lambertian reflectance. Black-body radiation.**

**Контрольная работа № 2**

**1. For each question choose the correct answer from the list (highlight the text). Some equations may be multiple-choice.**

**1.1 Working spectral region of CCD spectrometers is**

- a) 200-1100 nm
- b) 400-2500 nm
- c) 120-190 nm

**1.2 Modern spectral equipment for visible region is based on**

- a) diffraction gratings
- b) prisms
- c) Fabry-Perot interferometers

**1.3 Which light source can be used for wavelength calibration of a spectrometer**

- a) incandescent lamp
- b) mercury lamp
- c) LED
- d) xenon lamp

**1.4 Light-collecting power of a spectrometer based on a diffraction grating depends on**

- a) width of the entrance slit
- b) sensitivity of the photodetector
- c) intensity of the light source

**1.5 Quantitative absorption spectroscopy is based on**

- a) Huygens-Fresnel principle
- b) Bouguer-Lambert-Beer law
- c) Planck's law

**1.6 Which device is preferable to use for analysis of transparent thin film samples**

- a) spectrophotometer
- b) ellipsometer
- c) Fabry-Perot interferometers

**1.7 Which light source is used in absorption spectroscopy in visible and near IR regions**

- a) incandescent halogen lamp
- b) deuterium lamp
- c) Globar

**1.8 Which polarization element we need to use to produce circularly polarized light**

- a) Half-wavelength plate
- b) Glan–Thompson prism
- c) Quarter-wavelength plate

**1.9 Choose from the list the methods that can be used to measure the thickness of a thin film**

- a) absorption spectroscopy
- b) spectral ellipsometry
- c) optical interferometry
- d) Raman spectroscopy

**1.10 Which device is preferable to use for spectral analysis of laser radiation**

- a) Fabry-Perot interferometer
- b) spectrometer with mechanical scanning

C) Fourier spectrometer

**2. Open questions. Handwrite your answer and scan or photograph it (no more than two A4 pages for each question)**

**2.1 Schematic diagram of classical spectrometers, types of dispersive elements.**

**2.2 Polarization by reflection and refraction.**

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
3	Геометрическая оптика	Отчет по лаб. работе
5	Дифракция света	Отчет по лаб. работе
7	Спектральные измерения	Отчет по лаб. работе
9	Спектральные измерения	Отчет по лаб. работе
10	Свойства электромагнитных волн Распространение излучения в изотропных средах. Явления на границе раздела сред Интерференция света Дифракция света	Контрольная работа
11	Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	Отчет по лаб. работе
12	Спектральные измерения Интерференция света Основы фотометрии. Излучение абсолютно черного тела. Датчики солнечной радиации. Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	Доклад / Презентация
13	Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Искусственная анизотропия	Отчет по лаб. работе
15	Дифракция света Геометрическая оптика Спектральные измерения	Коллоквиум
16	Спектральные измерения Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	Коллоквиум
17	Основы фотометрии. Излучение абсолютно черного тела. Датчики солнечной радиации. Спектральные измерения Поляризация света. Распространение света в анизотропных средах. Эллипсометрия.	Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий) и написание двух контрольных работ по теоретическому материалу, по результатам которых студент получает допуск на экзамен. Контрольные работы оцениваются по системе **”зачтено/ не зачтено”**. Для получения оценки зачтено необходимо правильно ответить на не менее чем 5 вопросов в тестовой части задания на контрольную работу и дать удовлетворительные развернутые

ответы на открытые вопросы во второй части задания.

Обучающиеся подготавливают доклад, который оценивается по 4-балльной шкале по результатам проверки преподавателем:

”отлично” - тема раскрыта полностью, оформление соответствует всем требованиям;

”хорошо” - тема раскрыта в значительной степени, есть замечания к оформлению;

”удовлетворительно” - тема раскрыта частично, есть серьезные замечания к оформлению;

”неудовлетворительно” - тема не раскрыта.

#### **на лабораторных занятиях**

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Оптика и оптические измерения в солнечной энергетике» студент обязан выполнить 6 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После выполнения всех лабораторных работ предусматривается проведение двух коллоквиумов на 15 и 16 неделях, на которых осуществляется защита отчетов лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Отчеты лабораторных работ защищаются студентами индивидуально. Каж-

дый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания. Защита отчетов оцениваются по системе **”зачтено/ не зачтено”**.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

#### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, практических и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше, а также в ходе подготовки доклада. По результатам студент получает допуск на экзамен.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска, экран, проектор, компьютер.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, лабораторные установки (оптические скамьи, He-Ne лазер, оптический спектрометр), компьютер, рабочее место преподавателя	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Spectral Assistant 2.0
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>