

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В КОСМИЧЕСКИХ**  
**ИЗМЕРЕНИЯХ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 59,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Акентьев А.С.
	Идентификатор	Re543d542-AkentyevAS-7f7682a9

(подпись)


А.С. Акентьев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)


Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение принципа работы и анализа применения квантово-оптических устройств для навигационных спутниковых систем, определения эфемерид Луны, системы космической лазерной связи и системы контроля космического пространства.

### Задачи дисциплины

- обучение основным методам расчета энергетических, фотометрических, поляризационных и эксплуатационных характеристик квантово-оптических устройств для космических измерений;
- приобретение навыков проектирования характеристик ретрорефлекторных систем для космической техники;
- освоение принципов работы квантово-оптических устройств для решения задач навигационной спутниковой системы «Глонасс»;
- приобретение навыков применения квантово-оптических устройств для космических измерений.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Владеет передовым отечественным и зарубежным опытом в профессиональной сфере деятельности	знать: - составные части системы ГЛОНАСС.  уметь: - проводить расчет фотометрических характеристик космических объектов; - проводить усреднение и обработку измерительных данных спутниковой дальнометрии; - проводить расчет эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) ретрорефлекторных систем; - проводить энергетический расчет квантово-оптических станций.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать критерии выбора оптимальной математической модели описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения аддитивных задач лазерной и оптической измерительной электроники
- знать способы анализа и применения поляризационных характеристик квантово-оптических устройств
- знать критерии выбора оптимальной математической модели описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения трансформативных задач лазерной и оптической измерительной электроники

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии	21	2	4	-	8	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии"</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие сведения о наземных квантово-</p>
1.1	Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии	21		4	-	8	-	-	-	-	-	-	9	

													оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 7-34	
2	Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.	23	4	-	8	-	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии." <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b>
2.1	Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.	23	4	-	8	-	-	-	-	-	-	11	-	Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 39-104
3	Импульсная лазерная	23	4	-	8	-	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>

	дальнометрия космических объектов на различных орбитах													Повторение материала по разделу "Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах"
3.1	Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах	23		4	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 341-416</p>
4	Космические квантово-оптические устройства.	23		4	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Космические квантово-оптические устройства."</p>
4.1	Космические квантово-оптические устройства.	23		4	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения</p>

														профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Космические квантово-оптические устройства." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u><b>Подготовка к практическим занятиям:</b></u> Изучение материала по разделу "Космические квантово-оптические устройства." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Космические квантово-оптические устройства." <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [4], 84-109 [5], 96-126
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	Всего за семестр	108.0		16	-	32	-	-	-	0.3	42	17.7		
	Итого за семестр	108.0		16	-	32	-	-	-	0.3	59.7			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии

1.1. Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии

Система ГЛОНАСС. «Лазерный» ГЛОНАСС: КОС, ББКос, МЛНСС, РРС. Назначение составных частей бортового и наземного комплекса. Основные характеристики.. Лазерный дальномер. КОС – составные части и их описание на примере КОС «Точка». Лазерный передатчик.. Принцип работы КОС «Точка». Поляризационный анализ непланарной системы наведения луча..

#### 2. Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.

2.1. Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.

Космический аппарат «Глонасс» различных модификаций и его составные части. Бортовая беззапросная квантово-оптическая система. Межспутниковая лазерная навигационная связная система. Ретрорефлекторные системы..

#### 3. Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах

3.1. Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах

Энергетический расчет для измерения дальности до космических аппаратов на различных орбитах. Эквивалентная поверхность рассеяния ретрорефлекторов.. Влияние атмосферы на движение космических аппаратов и измерение дальности.. Звездные величины. Фотометрирование космических аппаратов.. Анализ погрешностей измерения дальности. Усреднение результатов измерений дальности в виде «Нормальной точки».. Способ определения пространственной ориентации космических аппаратов и их подвижных частей по измерительным данным спутниковой дальнометрии: пример на КА «Кондор-ФКА».. Лунная дальнометрия..

#### 4. Космические квантово-оптические устройства.

4.1. Космические квантово-оптические устройства.

Системы контроля космического пространства.. Современные системы космической лазерной связи.. Автоматические системы стыковки космических аппаратов, основанные на оптических измерениях. Угольковые отражатели для автоматических систем стыковки.. Оптические интерферометры с длинной базой.. Системы астронавигации..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет энергетических характеристик всех типов ретрорефлекторных систем;
2. Анализ характеристик космических квантово-оптических устройств;
3. Энергетический и точностной расчет спутниковой лазерной дальнометрии;
4. Поляризационный анализ квантово-оптической системы типа «Точка».

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
составные части системы ГЛОНАСС	ИД-3ПК-1	+	+			Тестирование/Составные части системы ГЛОНАСС
<b>Уметь:</b>						
проводить энергетический расчет квантово-оптических станций	ИД-3ПК-1	+				Контрольная работа/Расчет характеристик наземных квантово-оптических устройств для космических измерений
проводить расчет эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) ретрорефлекторных систем	ИД-3ПК-1		+			Контрольная работа/Расчет характеристик бортовых квантово-оптических устройств для космических измерений
проводить усреднение и обработку измерительных данных спутниковой дальнометрии	ИД-3ПК-1			+		Контрольная работа/Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов и обработка результатов измерительных данных
проводить расчет фотометрических характеристик космических объектов	ИД-3ПК-1				+	Контрольная работа/Расчет параметров космических квантово-оптических устройств

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов и обработка результатов измерительных данных (Контрольная работа)
2. Расчет параметров космических квантово-оптических устройств (Контрольная работа)
3. Расчет характеристик бортовых квантово-оптических устройств для космических измерений (Контрольная работа)
4. Расчет характеристик наземных квантово-оптических устройств для космических измерений (Контрольная работа)
5. Составные части системы ГЛОНАСС (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №2)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Кружков Д. М., Пасынков В. В., Красильщикова М. Н. - "Отечественная глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС: особенности создания, развития и использования", Издательство: "МАИ", Москва, 2022 - (111 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/256313>;
2. Общий курс физики: Оптика : Учебное пособие для физических специальностей вузов / Г. С. Ландсберг . – 5-е изд., перераб. и доп . – М. : Наука, 1976 . – 928 с.;
3. Борн, М. Основы оптики : пер. с англ. / М. Борн, Э. Вольф ; ред. Г. П. Мотулевич . – 2-е изд., испр . – М. : Наука, 1973 . – 719 с.;
4. Путилин Э. С., Губанова Л. А. - "Оптические покрытия", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (268 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/212309>;
5. Якушенков, Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов : учебник для вузов по направлению 200200 "Оптотехника" / Ю. Г. Якушенков . – 6-е изд., перераб. и доп . – М. : Логос, 2011 . – 568 с. - ISBN 978-5-98704-533-6 ..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;

4. SmathStudio.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный
	А-111/2, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютер персональный, принтер
Помещения для	А-201/1, Кабинет	стол, стул, шкаф для документов, шкаф

консультирования	сотрудников каф. Физики	для одежды, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Квантово-оптические устройства в космических измерениях

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Составные части системы ГЛОНАСС (Тестирование)
- КМ-2 Расчет характеристик наземных квантово-оптических устройств для космических измерений (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет характеристик бортовых квантово-оптических устройств для космических измерений (Контрольная работа)
- КМ-4 Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов и обработка результатов измерительных данных (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчет параметров космических квантово-оптических устройств (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии						
1.1	Общие сведения о наземных квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии		+	+			
2	Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.						
2.1	Общие сведения о бортовых квантово-оптических устройствах для решения задач навигации и геодезии.		+		+		
3	Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах						
3.1	Импульсная лазерная дальнометрия космических объектов на различных орбитах					+	
4	Космические квантово-оптические устройства.						
4.1	Космические квантово-оптические устройства.						+
Вес КМ, %:			15	20	20	20	25