



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Геодезический факультет
Кафедра астрономии и космической геодезии



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
17 февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ДИСЦИПЛИНЫ АСТРОНОМИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ
«Б1.В.05.ДВ.05.02 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года

Объем:
в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2023

Разработчики:

Преподаватель кафедры Астрономии и космической геодезии,
к.т.н. Бурмистров Е. В.

Заведующий кафедрой Астрономии и космической геодезии, к.н.,
доцент Крылов В. И.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	23.01.2023, № 8

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
 - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
 - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
 - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
 - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
 - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - формирование профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность бакалавра по направлению подготовки «Геодезия и дистанционное зондирование», профиль «Космическая геодезия и навигация» к использованию знаний из области лазерной техники для решения основных задач геодезии.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение принципов работы лазерной техники, используемой в космической геодезии;
- уметь проводить габаритные и энергетические расчеты лазерных локационных систем;
- владение методикой расчета параметров лазерных систем измерения расстояний;
- устройств и состав приборов, входящих в системы лазерной локации ИСЗ .

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-5 Способен осуществлять метрологическое обеспечение разработки, производства и испытаний продукции

ПК-5.1 Выполняет особо точные измерения для определения действительных значений контролируемых параметров

Знать:

ПК-5.1/Зн1 Методы и средства измерений

Уметь:

ПК-5.1/Ум1 Определять методы, способы, средства проведения измерений

Владеть:

ПК-5.1/Нв1 Навыками определения действительных значений контролируемых параметров по результатам измерений

ПК-11 Способен выполнять профессиональную деятельность, связанную с эксплуатацией навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений

ПК-11.1 Выполняет анализ характеристик ГНСС и их функциональных дополнений

Знать:

ПК-11.1/Зн6 Устройство геодезических инструментов и методы выполнения геодезических измерений

Уметь:

ПК-11.1/Ум1 Выполнять тестирование, исследования, поверки и юстировки, эксплуатацию геодезических, фотограмметрических систем, приборов и инструментов, аэрофотосъёмочного оборудования

Владеть:

ПК-11.1/Нв1 Методикой тестирования и исследования

ПК-12 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности

ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней

Знать:

ПК-12.1/ЗнЗ Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней

Уметь:

ПК-12.1/УмЗ Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

Владеть:

ПК-12.1/НвЗ Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.05.ДВ.05.02 «Лазерная техника для космических исследований» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 8.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
8 семестр	108	3	12	24	72	Зачет
Всего	108	3	12	24	72	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Электромагнитные волны	62	8	12	42	ПК-5.1 ПК-11.1

Тема 1.1. Распространение электромагнитных волн и способы формирования диаграмм направленности излучения	22	4	4	14	
Тема 1.2. Излучатели и приемники оптического излучения	20	2	4	14	
Тема 1.3. Лазерные измерительные системы в космической геодезии	20	2	4	14	
Раздел 2. Перспективы развития лазерной техники	46	4	12	30	ПК-12.1
Тема 2.1. Эффективность и точность измерений локационной системы	24	2	6	16	
Тема 2.2. Принципы юстировки оптических систем	22	2	6	14	
Итого	108	12	24	72	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Электромагнитные волны

Тема 1.1. Распространение электромагнитных волн и способы формирования диаграмм направленности излучения

Уравнения Максвелла, волновое уравнение. Когерентность, монохроматичность, поляризация электромагнитных волн. Интерференция световых волн. Дифракция. Учет дифракционных явлений. Принцип Гюйгенса-Френеля. Шкала электромагнитных волн. Видимый, инфракрасный и радиодиапазоны спектра. Преимущества видимого диапазона спектра. Распространение электромагнитных волн в атмосфере.

Отражение и преломление. Формулы Френеля. Закон Снеллиуса. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера. Построение изображений, телескопические системы. Габаритный расчет оптических систем. Дифракционные ограничения, кружок Эйри. Классификация телескопических систем. Аберрации оптических систем, их виды и способы уменьшения. Юстировка оптических систем и необходимые требования.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.2. Излучатели и приемники оптического излучения

Теория излучения абсолютно черного тела. Теория Макса Планка. Понятие об энергетических состояниях. Метастабильные уровни, инверсная населенность. Условие генерации световых волн в лазерах. Виды резонаторов, модуляция излучения. Твердотельные, газовые, химические, полупроводниковые лазеры – параметры, области применения. Волоконные лазеры. Светодиоды.

Фотоэффект, его виды. Фотодиоды, фотоэлектронные умножители, принципы работы, области применения. Лавинные фотодиоды. Эффективность фотоприемников, временные параметры. Приемники инфракрасного диапазона, видиконы. Фотоприемники на МОП структурах, ПЗС матрицы. Характеристики современных фотоприемников

Текущий контроль
Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.3. Лазерные измерительные системы в космической геодезии

Блок схема лазерного локатора. Основное энергетическое уравнение, зависимость входящих в него параметров от характеристик элементов локационной системы. Лазерные отражатели, их характеристики, области применения. Учет скоростных aberrаций. Метод временных ворот и режим накопления сигнала. Характеристики современных локационных систем. Алгоритм работы лазерных систем приема и передачи информации. Тахеометры для наземной геодезии, метод построения трехмерных топограмм.

Интерферометры, их типы и области применения. Оптические волокна, их использование в качестве элементов измерительных систем. Лазерные гироскопы, принцип действия. Волоконные лазерные гироскопы. Использование лазерных гироскопов в системах навигации и их характеристики.

Текущий контроль
Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 2. Перспективы развития лазерной техники

Тема 2.1. Эффективность и точность измерений локационной системы

История развития светодальномеров и современные возможности. Адаптивные системы и их применение. Интегральная оптика, применение световолокон. Понятие о нанотехнологиях. История развития и современные возможности. Адаптивные системы и их применение. Интегральная оптика, применение световолокон. Понятие о нанотехнологиях.

Текущий контроль
Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.2. Принципы юстировки оптических систем

Аберрация скорости и ее учет при лазерной локации ИСЗ. Величина aberrации в зависимости от орбиты ИСЗ. Юстировка оптических локаторов, основные требования. Аппаратура и методы. Учет переотражений, их влияние на работу лазерного локатора. Виды aberrаций оптических систем, методы их уменьшения. Астигматизм, причины и следствия. Техника безопасности при юстировке и эксплуатации лазерных локаторов.

Текущий контроль
Вид (форма) контроля
Тестирование

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 8 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Электромагнитные волны

Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-11.1

Тема 1.1. Распространение электромагнитных волн и способы формирования диаграмм направленности излучения

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Построение изображения предмета.

Тема 1.2. Излучатели и приемники оптического излучения

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Расчет оптической системы, удовлетворяющей заданным требованиям

Тема 1.3. Лазерные измерительные системы в космической геодезии

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Расчет коэффициента преломления пленки, нанесенной поверх стекла, с целью получения оптической системы, поглощающей излучение при определенной длине волны.

Раздел 2. Перспективы развития лазерной техники

Контролируемые ИДК: ПК-12.1

Тема 2.1. Эффективность и точность измерений локационной системы

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Расчет энергетического потенциала лазерной локационной системы при заданных параметрах локатора и цели.

Тема 2.2. Принципы юстировки оптических систем

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. В "двунаправленном" импульсном лазерном дальномере дальность есть результат
 - а - измерения времени распространения импульса до спутника и обратно;
 - б - оценки величины удлинения импульса при отражении от объекта локации в двух направлениях;
 - в - измерения величины ослабления энергии импульса за время распространения.
2. Что такое кружок Эйри?
 - а - результат дифракции света на объективе;
 - б - изображение удаленного источника;
 - в - характеризует допуск на центрировку объектива.
3. Чем отличается интерференция от дифракции?
 - а - дифракция это результат интерференции вторичных источников при экранировании излучения;
 - б - совершенно разные явления;
 - в - свет огибает препятствия.
4. Чем отличается обнаружение сигнала в импульсных лазерных дальномерах с замкнутым циклом и с высокой частотой повторения импульсов?
 - а - в замкнутом режиме детектор может регистрировать любую энергию принимаемого сигнала, а в частотном - только квантами;
 - б - в замкнутом режиме происходит амплитудное детектирование, а в частотном - корреляционная обработка;
 - в - ничем не отличается.
5. Что преобразует оптическая система?
 - а - радиусы приходящих волновых фронтов;
 - б - длину волны приходящего излучения;
 - в - время прихода оптического сигнала.
6. В чем заключается теория Макса Планка?
 - а - энергия излучается порциями;
 - б - энергия излучается непрерывно;
 - в - энергия излучается по заложенной программе.
7. Из чего состоят резонаторы лазеров?
 - а - из зеркал;
 - б - из активных кристаллов;
 - в - из подобранных диафрагм.
8. Чем внутренний фотоэффект отличается от внешнего?
 - а - при внутреннем фотоэффекте электроны не выходят наружу;
 - б - при внутреннем фотоэффекте раскачивается кристаллическая решетка полупроводника;
 - в - при внутреннем фотоэффекте не происходит рекомбинация электронов с дырками.
9. В одноэлектронном режиме работы лазерного дальномера
 - а - все ответные импульсы получаются преобразованием 1 фотона в 1 электрон;
 - б - вероятность высвобождения двух фотоэлектронов в фотокатоде мала;
 - в - регистрируемое время распространения импульса зависит от энергии сигнала
10. К изменению какого фактора чувствителен лазерный гироскоп?
 - а - к повороту;
 - б - к параллельному переносу;
 - в - к скорости перемещения.
11. Как должны быть ориентированы оптические оси приемной и передающей оптических систем в лазерных локаторах в следящем режиме работы?
 - а - должны быть параллельны;
 - б - должны совмещаться;

в - должны быть разнесены на величину, равную абберации скорости.

12. Каково назначение маяков в космических лазерных системах приема и передачи информации?

а – поиск и захват цели;

б – передача информации;

в – аварийная подсветка для ремонта.

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-11.1 ПК-12.1

Вопросы/Задания:

1. Когерентность, монохроматичность, поляризация электромагнитных волн. Интерференция световых волн. Дифракция. Учет дифракционных явлений.

Волны – распространяющиеся колебания.

2. Принципы построения светодальномеров. Погрешности измерений.

Светодальномеры различаются по принципу построения: импульсные лазерные дальномеры, фазовые светодальномеры, с когерентным детектированием (гетеродинные), импульсно-фазовые, дальномеры-рециркуляторы, дальномеры-рециркуляторы, профилографы.

3. Фотоприемники на МОП структурах, ПЗС матрицы. Характеристики современных фотоприемников.

В приемниках на МОП (металл-окисел-проводник) структурах используется считывание, хранение и перенос зарядов в отдельных ячейках матрицы.

4. Видимый, инфракрасный и радиодиапазон спектра. Преимущества видимого диапазона спектра.

Разработка квантово-оптических систем велась путем постепенного перехода от систем радиодиапазона к оптическому диапазону, обладающему рядом преимуществ – компактность аппаратуры, узкие диаграммы направленности излучения, помехозащищенность, непревзойденная точность.

5. Фотоэффект, его виды. Фотодиоды, фотоэлектронные умножители, принципы работы, области применения. Лавинные фотодиоды.

Фотоэффект бывает внешним и внутренним. Разница состоит в том, покидает ли высвобожденный фотоэлектрон пределы фото катода или приходит в движение в нем. Принцип работы фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) состоит в формировании лавины электронов на массиве динодов, расположенных за диафрагмой, ограничивающей сбор электронов с катода. Лавина разгоняется под действием электрического поля, созданного разницей потенциалов на каждом этапе умножения. ФЭУ работает в режиме счета единичных фотоэлектронов. Сформированный электрический аналоговый сигнал проходит пороговое детектирование таким образом, чтобы максимизировать число регистрируемых событий, вызванных сигнальными фотоэлектронами, при этом минимизировать число шумовых событий, вызванных тепловыми флуктуациями.

6. Дифракционные ограничения, кружок Эйри.

Явление дифракции состоит в огибании световой волной препятствий.

7. Свободные и вынужденные колебания. Волны – распространяющиеся колебания.

Привести примеры свободных колебаний различного периода (от галактического масштаба до атомарного) и вынужденных, т. е. колебания системы под воздействием внешних сил.

8. Отражение и преломление. Формулы Френеля. Закон Снеллиуса.

Графически изобразить изменение волнового фронта в процессе отражения / преломления при прохождении плоского раздела двух сред.

9. Звездная калибровка угловой системы координат, хранимой прецизионными датчиками исполнительных осей.

В квантово-оптических системах (КОС), хранящих систему координат с непосредственным отсчетом по датчикам исполнительных осей опорно-поворотного устройства (СК привода), возникает задача установления взаимно-однозначного соответствия между показаниями датчиков угловых координат и истинной системы координат, привязанной к видимым положениям звезд опорного каталога.

10. Лазерные гироскопы, принцип действия. Волоконные лазерные гироскопы.

11. Юстировка оптических локаторов, основные требования.

12. Корреляционная обработка сигналов в одноэлектронном режиме работы.

13. Интерферометры, их типы и области применения.

14. Фотозффект, его виды.

15. Адаптивные системы и их применение.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Тарасов В.В., Торшина И.П., Якушенков Ю.Г. Современные проблемы оплотехники: учебное пособие. - М.: МИИГАиК, 2014. - 82 с.: ил.

2. Соломатин В.А. Источники и приемники оптического излучения. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Для студентов IV курса ФОП. / В.А. Соломатин, И.П. Торшина, В.А. Шилин. - МИИГАиК, 2005. - 56 - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Торшина И.П. Выбор приемника излучения при проектировании оптико-электронного прибора: учебное пособие. / И.П. Торшина, Ю.Г. Якушенков. - МИИГАиК, 2017. - 58 - 978-5-91188-074-3. - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <https://iaaras.ru/> - Институт прикладной астрономии РАН

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

*Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)*

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Смешанный тип

Интерактивная панель - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.