

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ

«Утверждаю»
 Проректор по учебной и методической работе
 _____ Д.А.Зубцов
 «__» _____ 2014 г.

Рабочая программа дисциплины «Физические основы дистанционного зондирования»

Кафедра: Систем, устройств и методов геокосмической физики

Дисциплина: Физические основы дистанционного зондирования

Факультет, направление: аэрофизики и космических исследований, прикладные математика и физика

Квалификация: бакалавр

Профиль подготовки бакалавров: Геокосмические информационные системы и управление движением

Семестр, формы промежуточной аттестации:

№	Семестр	Форма контроля	Часы
1	7	<i>Зачет</i>	
2	8	<i>Экзамен</i>	30

Аудиторных часов: 119 всего, в том числе:

лекции: 68 часов

практические (семинарские) занятия: 51 час

самостоятельная работа: 31 час

подготовка к зачету: 30 час

Всего на обучение: 150 часов,

Всего зачетных единиц: 5

Программу составил: д.ф.м.-н., профессор Кондранин Т.В.

Программа обсуждена на заседании кафедры «__» _____ 2014 г.

Заведующий кафедрой

Т.В. Кондранин

Декан факультета аэрофизики и космических исследований

С.С.Негодяев

Начальник учебного управления

И.Р.Гарайшина

1. Цели и задачи

Цель дисциплины: формирование фундаментальных знаний в области физических основ авиакосмических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), математических методов решения прямых и обратных задач ДЗЗ, получение навыков в предметной области дисциплины для использования при изучении дисциплин по соответствующей магистерской программе и выполнении НИР в бакалавриате и магистратуре.

Задачи курса:

- приобретение теоретических знаний в области переноса излучения в сплошной среде применительно к задачам геофизики и ДЗЗ;
- приобретение навыков для качественных и количественных оценок ключевых характеристик оптико-электронных и СВЧ сенсоров аппаратуры ДЗЗ.

2. Место дисциплины

2.1. Место дисциплины в структуре ООП бакалавра

Дисциплина «Физические основы дистанционного зондирования» включает в себя разделы, которые относятся к базовой и вариативной частям профессионального учебного цикла Б.3. ООП бакалавриата по направлению подготовки 010900 «Прикладные математика и физика». Дисциплина «Физические основы дистанционного зондирования» основывается на базовой части математического и естественнонаучного цикла (учебный цикл Б.2) ООП бакалавриата по направлению подготовки 010900.

2.2. Дисциплина базируется на дисциплинах математического и ЕН цикла (Б.2):

1. Математический анализ;
2. Линейная алгебра и аналитическая геометрия;
3. Дифференциальные уравнения;
4. Теория вероятностей;
5. Общая физика;
6. Экология;
7. Динамика космического полета.

2.3. Дисциплина предшествует изучению дисциплин по магистерской программе 010925 Космические информационные системы. Связь, навигация, дистанционное зондирование

1. Системное проектирование космической техники
2. Анализ и синтез космических систем мониторинга
3. Анализ рядов геофизических наблюдений
4. Приборно-инструментальные устройства и методы аэрокосмической дистанционной диагностики.

3. Результаты обучения

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

Знать:

- основные направления применения дистанционных аэрокосмических методов для изучения атмосферы, поверхности Земли, морей и океанов;
- основы теории переноса естественного и поляризованного излучения в излучающих, поглощающих и рассеивающих сплошных неоднородных средах в рамках феноменологического подхода;
- законы излучения абсолютно черного тела для вакуума и среды отличной от вакуума;
- физические законы и физико-математические модели, лежащие в основе описания оптических свойств сплошной среды и подстилающей поверхности;
- основные понятия, определения и уравнения, используемые при постановке и решении прямой задачи расчета поля излучения в неоднородной сплошной среде;
- общую постановку и методы упрощения прямых и обратных задач дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности Земли.

Уметь:

- применять на практике основные понятия, физико-математические модели и методы решения прямых и обратных задач дистанционного зондирования;
- на основании метода оценок производить обоснование и упрощение постановки прямых и обратных задач дистанционного зондирования;
- производить численные оценки ключевых характеристик, формирующих поле излучения в вакууме и в поглощающей, рассеивающей и излучающей сплошной среде;

- формулировать постановку задачи расчета сигнала, регистрируемого гипотетическим приемником излучения;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с аэрокосмическими системами дистанционного зондирования.

Владеть:

- навыками усвоения большого объема междисциплинарной информации в области физики атмосферы, теории переноса излучения в сплошной среде, методов решения прямых и обратных задач;
- культурой постановки и моделирования физических задач в предметной области дистанционного зондирования;
- навыками постановки типовых задач синтеза оптико-электронных космических систем ДЗЗ и представлениями о путях их решения.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций бакалавра:

а) общекультурные (ОК):

- способность анализировать научные проблемы и физические процессы, использовать на практике фундаментальные знания, полученные, полученные в предметной области дисциплины (ОК-1);
- способность осваивать новые проблематику, терминологию, методологию и овладевать научными знаниями, владением навыками самостоятельного обучения в предметной области дисциплины (ОК-2);
- способность выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности в предметной области дисциплины (ОК-3).

б) профессиональные (ПК):

- способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в предметной области дисциплины (ПК-1);
- способность применять излагаемые в дисциплине теоретические методы исследований объектов, явлений и процессов, связанных с дистанционным зондированием атмосферы и подстилающей поверхности Земли с помощью космических и авиационных систем (ПК-2);
- способность понимать сущность задач, поставленных в ходе профессиональной деятельности, связанной с исследованиями, разработками и применениями аэрокосмических методов и средств дистанционного зондирования и использовать соответствующий физико-математический аппарат для описания и решения конкретных задач (ПК-3);
- способность использовать знания в области физических и математических основ аэрокосмического дистанционного зондирования для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки (ПК-4);
- способность применять освоенные в результате изучения дисциплины теорию и методы математики и физики для построения качественных и количественных моделей дистанционного зондирования (ПК-8).

в) профессиональные компетенции:

- способность планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) способностью планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования (ПК-1);
- способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК 4).

5. Темы и Разделы

Дисциплина «Физические основы дистанционного зондирования» включает пять крупные тематические части (модули). Модули 1 – 3 представляют собой логически увязанные разделы теоретического описания физико-математических моделей и математических методов, лежащих в основе технологий аэрокосмического дистанционного зондирования (ДЗ). Модули 4 и 5 представляют собой примеры решения конкретных задач на закрепление ключевых теоретических знаний, полученных на лекциях, а также минимальный дополнительный теоретический материал, связанный с основами гидродинамики, который необходим для восполнения знаний у студентов ФАКИ, обучавшихся на I-III курсах по профилю подготовки бакалавров «геокосмические информационные системы и управление движением», в котором не предусмотрена базовая подготовка по механике сплошных сред.

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий:

№	Тема (модуль) дисциплины	Семестр	Лекции	Лаборат. работы	Практич. (семинар.) задания	Задания, курсовые работы	Самост. работа
	<i>Тема занятий</i>	<i>(№ семестра, осенний или весенний, курс)</i>	<i>(часы)</i>	<i>(часы)</i>	<i>(часы)</i>	<i>(часы)</i>	<i>(часы)</i>
1	Основы теории переноса лучистой энергии в сплошных средах	7	24	0	0		2
2	Прямая задача переноса излучения в системе «подстилающая поверхность- атмосфера» (основы теории)	7	22		0		2
3	Обратные задачи дистанционного зондирования (основы теории)	8	22		0		2
4	Примеры решения прямых и обратных задач ДЗ	7 8			30		8
5	Элементы физической гидродинамики	7 8			21		17
	ИТОГО		68		51		31

1) Основы теории переноса лучистой энергии в сплошных средах

Основные направления применения методов ДЗ для изучения атмосферы и подстилающей поверхности. Общая характеристика методов ДЗ. Феноменологический подход в теории переноса излучения. Основные понятия. Законы излучения абсолютно черного тела (АЧТ). Уравнение переноса лучистой энергии (УПЛЭ) для излучающей, поглощающей и рассеивающей среды. Гипотеза о локальном термодинамическом равновесии. Граничные условия для УПЛЭ. Излучательные, поглощательные и отражательные характеристики нечерных поверхностей. Основные механизмы излучения, поглощения и рассеяния в газовых средах. Спектральные коэффициенты поглощения на примере двухатомной молекулы. Колебательно-вращательная (R-V) полоса молекулы. Диаграммы Фортра. Коэффициенты Эйнштейна, Интенсивность (сила) спектральной линии. Механизмы уширения спектральных линий. Контур Фойгта. Коэффициент и индикатриса рассеяния. Молекулярное (релеевское) и аэрозольное рассеяние. Основы теории Ми.

2) Прямая задача переноса излучения в системе «подстилающая поверхность- атмосфера»

Одномерная (плоскостратифицированная) модель переноса излучения. Альбеда однократного рассеяния. Граничные условия для системы «подстилающая поверхность- атмосфера». Трансформация излучения в нерассеивающей среде. Решение УПЛЭ в квадратурах. Спектральные функции пропускания и поглощения. Особенности осреднения по спектру решения УПЛЭ на примере гипотетических ИК – приемников. Эквивалентная ширина молекулярной R-V полосы. Эквивалентная ширина изолированной спектральной линии. Функция Ладенбурга - Райхе. Приближенные методы интегрирования по спектру решения УПЛЭ. Полинейные методы. Модели полос. Регулярная и статистическая модели. Приближенные методы решения прямой задачи для восходящего излучения в нерассеивающей среде. Диффузионное и эмиссионное приближения. Двупараметрический метод Куртисса-Годсона. Решение УПЛЭ для поглощающей и рассеивающей среды в приближении однократного рассеяния. Расчет уходящего излучения в

видимом диапазоне спектра в системе «гладкий океан - молекулярная атмосфера». Особенности переноса излучения в микроволновом диапазоне спектра.

3) Обратные задачи дистанционного зондирования

Понятия об активных методах ДЗ. Лидарное уравнение и уравнение радиолокации. Принцип синтезирования апертуры. Примеры использования. Постановка обратной задачи о восстановлении и вертикального профиля температуры в атмосфере по измерениям интенсивности уходящего излучения в тепловом ИК – диапазоне спектра. Вывод интегрального уравнения Фредгольма I рода. Физическая и математическая природа некорректности обратных задач, сводящихся к интегральному уравнению Фредгольма I рода. Роль гладкости ядра и ошибок измерений. Методы решения (регуляризации) некорректных задач. Интуитивная регуляризация. Метод Ямамото. Методы приближенного решения уравнения Фредгольма I рода. Метод оптимальной параметризации. Метод А.Н.Тихонова. Метод статистической регуляризации

4). Примеры решения прямых и обратных задач ДЗ

Инженерные методы расчета теплообмена излучением между поверхностями, имеющими произвольную ориентацию. Угловые коэффициенты. Использование теоремы Стокса. Для расчета угловых коэффициентов. Общие представления об уравнении переноса излучения в сплошной среде с учетом поляризации. Вектор-параметр Стокса. Законы излучения АЧТ для конечных спектральных диапазонов. Примеры, иллюстрирующие применение. Решение задач о расчете излучения, уходящего из системы «подстилающая поверхность- атмосфера» для различных моделей поглощения. Решение задачи о расчете спектральных лучистых потоков в плоскостратифицированной среде применительно к расчету составляющих РБЗ. Интегральные экспоненты.

Решение прямой задачи о расчете яркости верхнего слоя «гладкого океана» в приближении однократного рассеяния. Примеры решения обратных задач по данным спутниковых измерений в МКВ диапазоне спектра. Задача о радиационном охлаждении плоского слоя.

5) Элементы физической гидродинамики

Общие сведения об атмосфере Земли и основных гидродинамических процессах. Энергетический баланс в системе «Солнце-планета Земля». Простейшие модели парникового эффекта. Уравнения многокомпонентной гидродинамики с учетом переноса излучения. Проблема замыкания при феноменологическом описании. Примеры решения гидродинамических задач применительно к геофизике. Задача о тепловой конвекции в поле силы тяжести: адиабатический вертикальный градиент температуры в приземной атмосфере. Качественное и строгое (задача Релея) решение. Пи – теорема. Задача о сильном точечном взрыве в однородной газовой среде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение

6.1. Основная литература:

1. Рис У. Основы дистанционного зондирования. Второе издание. Пер. с англ. М.: Техносфера. 2006. - 380 с.
2. Роберт А. Шойвенгерт. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. М.:Техносфера, 2010 г., - 560 с.
3. Liang Sh. Quantitative remote sensing of land surfaces. Weig-Introsience. 2004. - p. 934.

6.2. Дополнительная литература:

1. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. М.: Наука, 2003. - 320 с.
2. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. М.: Мир, 1988. - 349 с.

6.3. Учебно-методическая литература:

1. Головкин В.А., Кондранин Т.В. Изучение радиационного баланса Земли по данным космического мониторинга: Учебное пособие. М.: МФТИ, 2007. – 175 с.
2. Головкин В.А., Кондранин Т.В. Космический мониторинг крупномасштабных атмосферных явлений: Учебное пособие. М.: МФТИ, 2011. – 178 с.
3. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса: Учебно-методическое пособие. М.: МИИГАиК, 2000. – 160 с.

6.3. Перечень ресурсов сети интернет:

1. <http://dust.ess.uci.edu/facts> - перенос излучения в земной системе.

2. <http://geo.mipt.ru/gva-group> - электронный образовательный ресурс кафедры СУМГФ
3. <http://www.sovzond.ru> - каталог Совзонда
4. <http://www.googleearth.com> - геопортал GoogleEarth
5. <http://www.kosmosnimki.ru> - геопортал Космоснимки

7. Методические указания

Студент, изучающий дисциплину «Физические основы дистанционного зондирования» должен с одной стороны, закрепить знания, полученные при изучении курса общей физики (в основном, V семестр «Квантовая физика») и овладеть новыми базовыми знаниями в области переноса излучения, а с другой стороны, - научиться применять эти знания при решении прямых, моделирующих формирование сигнала для типовых прикладных задач в системе «подстилающая поверхность – атмосфера - гипотетический приемник излучения» задач, а также обратных задач – восстановления характеристик зондируемых объектов по измерениям сигнала, зарегистрированного приемником излучения.

В результате изучения дисциплины «Физические основы дистанционного зондирования» студент должен получить общие представления о космических (пассивных и активных) системах ДЗ, роли и месте дисциплины, как важнейшей фундаментальной научно-методической основы изучения, проектирования и эксплуатации таких систем; должен знать основные понятия, определения и законы, лежащие в основе теории переноса электромагнитного излучения: понятие о полном и локальном термодинамическом равновесии, законы излучения абсолютно черного тела (АЧТ) для вакуума и среды отличной от вакуума, законы излучения АЧТ для конечных спектральных интервалов; вывод и методы решения уравнения переноса излучения в поглощающей, излучающей и рассеивающей среде в рамках феноменологического подхода, определения и физический смысл коэффициентов уравнения (на примере оптических свойства атмосферы); общетеоретические представления о граничных условиях для этого уравнения и их связь с реальными природными и техногенными объектами; на примере восстановления вертикального профиля температуры атмосферы по измерениям космическим приемником длинноволнового излучения физическую и математическую постановку решения обратной (некорректной) задачи, основные методы (регуляризации) ее решения. В качестве упражнений на лекциях и семинарах рассматриваются примеры, моделирующие типовые прямые (формирование сигнала, приходящего на вход гипотетического приемника излучения в видимом и тепловом инфракрасном диапазонах спектра) и обратные (восстановление параметров облачности и влагозапаса в атмосфере по измерениям уходящего излучения в микроволновом диапазоне спектра) задачи.

Важной особенностью является включение в программу Модуля 5 «Элементы физической гидродинамики», в рамках которого студенты, обучающиеся по профилю подготовки бакалавров «Геокосмические информационные системы и управление движением», получают общие представления и основы знаний по механике сплошной среды необходимые для более глубокого понимания объектов и процессов (атмосфера, моря и океаны и др.), восстановление свойств которых по результатам дистанционного зондирования изучается в рамках основного содержания дисциплины.

Успешное освоение дисциплины требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и материалам семинарских занятий;
- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- разбор примеров и задач, предлагаемых студентам на лекциях и семинарских занятиях;
- подготовку к семинарским занятиям и зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется преподавателем в форме выборочных опросов на лекциях и семинарах и индивидуальных консультаций.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях выборочно используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций с использованием стандартных лицензионных программных продуктов.

« _____ » _____ 2014 г.