

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Физика атмосферы Б2.В.6

Направление подготовки: 120100.62 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Насыров И.А. , Куштанова Г.Г.

**Рецензент(ы):**

Кашеев Р.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6142414

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Куштанова Г.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Galya.Kushtanova@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Насыров И.А. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Igor.Nasyrov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Физика атмосферы является изучение структуры, термодинамических характеристик, оптических свойств и распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли; рассматриваются методы аэрокосмического зондирования поверхности.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.В.6 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 120100.62 Геодезия и дистанционное зондирование и относится к вариативной части. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел "Б.2. Естественно-математический цикл." ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Геодезия и дистанционное зондирование".

Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ математического анализа, физики, экологии, геодезии. Она формирует общекультурные и профессиональные компетенции, необходимые для прохождения учебной и производственной практик, освоения модулей профессионального цикла.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-12 (профессиональные компетенции)	готовностью к проектированию и производству при изысканиях объектов строительства и изучении природных ресурсов
ПК-26 (профессиональные компетенции)	способностью к изучению физических полей Земли и планет
ПК-28 (профессиональные компетенции)	способностью к изучению экологического состояния территории Российской Федерации и ее отдельных регионов с использованием материалов дистанционного зондирования
ПК-29 (профессиональные компетенции)	способностью к использованию материалов дистанционного зондирования и ГИС-технологий при проведении мониторинга окружающей среды
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность выполнять оценку и анализ качества информации, а также обработку материалов, сопутствующих его профессиональной деятельности и влияющих на технологию
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- знать общую структуру атмосферы включая ионосферу, особенности отдельных слоев, влияние атмосферных условий и гелио-геофизических факторов на прохождение электромагнитных волн по каналу спутник-Земля, метод аэрокосмического ИК-зондирования поверхности и его использование; методы решения радионавигационных задач.

2. должен уметь:

- уметь применить законы геометрической оптики для расчета местоположения объекта; решать навигационную задачу используя данные приемников радиосигналов от СРНС.

3. должен владеть:

- владеть теоретическими знаниями об условиях формирования теплового баланса, циркуляции атмосферы, электрических явлений в атмосфере; представления о распространении радиоволн в анизотропной плазме.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- к тестированию, исследованию, поверкам и юстировке, эксплуатации геодезических, фотограмметрических систем, приборов и инструментов, аэрофотосъемочного оборудования;  
- осуществлять контроль полученных геодезических, спутниковых и фотограмметрических измерений, а также материалов дистанционного зондирования.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 4 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Общие сведения о воздушной оболочке Земли	4	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Термодинамика атмосферы.	4	2-3	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Общая циркуляция атмосферы.	4	4	0	2	0	
4.	Тема 4. Распространение электромагнитных волн в тропосфере.	4	5	2	2	0	контрольная работа
5.	Тема 5. Оптические явления в атмосфере.	4	6	0	2	0	
6.	Тема 6. Солнечная радиация.	4	7	0	2	0	
7.	Тема 7. Аэрокосмическое ИК-зондирование поверхности.	4	8	2	0	0	реферат
8.	Тема 8. Атмосферное электричество.	4	9	0	2	0	презентация
9.	Тема 9. Концепции построения радионавигационных систем.	4	10	2	0	0	
10.	Тема 10. Распространение электромагнитных волн в ионосфере.	4	11-13	2	0	0	
11.	Тема 11. Методы решения навигационных задач, используемые в средне орбитальных СРНС (ГЛОНАСС/ GPS).	4	14	2	0	0	
12.	Тема 12. Радиосигналы и навигационные сообщения СРНС.	4	15	2	0	0	
13.	Тема 13. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.	4	16	0	4	0	коллоквиум
14.	Тема 14. Преобразование данных навигационных спутников.	4	17	0	2	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	зачет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Итого				16	16	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Общие сведения о воздушной оболочке Земли

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Состав атмосферного воздуха. Деление атмосферы на слои. Воздушные массы и фронты. Статика атмосферы. Уравнение статики атмосферы. Барометрические формулы. Уравнения состояния сухого и влажного воздуха. Характеристики влажности воздуха.

### Тема 2. Термодинамика атмосферы.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Адиабатический процесс. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура. Критерии устойчивости атмосферы по методу частицы. Изменение потенциальной температуры с высотой.

### Тема 3. Общая циркуляция атмосферы.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Общая циркуляция атмосферы. Методы исследования циркуляции. Термическая конвекция. Макровихри. Планетарные волны, вызываемые постоянно действующими периодическими источниками. Свободные колебания. Волны в атмосфере.

### Тема 4. Распространение электромагнитных волн в тропосфере.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Свет как электромагнитная волна. Поглощение, рассеяние света в атмосфере. Ослабление и рассеяние радиоволн отдельными сферическими частицами.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Коэффициент преломления, индекс рефракции, вертикальные градиенты коэффициентов преломления. Зенитная тропосферная задержка радиосигналов ГНСС

### Тема 5. Оптические явления в атмосфере.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Оптические явления в атмосфере. Рассеяние и преломление света в атмосфере. Законы преломления света. Цветовое изменение неба. Радуга, миражи, гало.

### Тема 6. Солнечная радиация.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Ослабление солнечной радиации в атмосфере Земли. Поглощение солнечной радиации в атмосфере Земли. Рассеяние солнечной радиации в атмосфере Земли. Прямая, рассеянная, суммарная солнечная радиация. Излучение Земли и атмосферы. Встречное и эффективное излучение. Радиационный баланс системы земляная поверхность - атмосфера.

### Тема 7. Аэрокосмическое ИК-зондирование поверхности.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Физические основы радиационных измерений. Основные принципы построения схем ИК-радиометров. Построение глобальных радиотепловых полей на основе спутниковых данных для изучения для изучения крупно- и мезомасштабных термодинамических процессов. Возможности классификации подстилающих покровов и наземных объектов для решения навигационных задач на основе радиометрических измерений.

### Тема 8. Атмосферное электричество.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Градиент электрического потенциала в атмосфере. Электрические токи. Молнии. Радиопомехи, вызываемые молниями. Шаровые молнии. Особые виды молний: эльфы, спрайты, джеты. Природа полярных сияний.

#### **Тема 9. Концепции построения радионавигационных систем.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Навигационные системы наземного базирования, использующие: сверхдлинные радиоволны; ультра короткие радиоволны (метровый диапазон). Спутниковые радионавигационные системы: низкоорбитальные; среднеорбитальные; высокоорбитальные (геостационарные). Синхронизация шкал времени. Системы дифференциальной коррекции. Дифференциальные системы глобального позиционирования.

#### **Тема 10. Распространение электромагнитных волн в ионосфере.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Строение ионосферы: происхождение ионосферы; распределение концентрации электронов по высоте; суточные, сезонные и 11-летние изменения состояния ионосферы; широтные и долготные вариации электронной концентрации; не регулярные изменения состояния ионосферы, нерегулярные неоднородности. Электрические параметры ионосферы. Распространение радиоволн в простом слое. Влияние магнитного поля Земли: двойное лучепреломление; вращение плоскости поляризации (эффект Фарадея); изменение угла поворота плоскости поляризации радиоволн, проходящих сквозь ионосферу. Дисперсия радиоволн в ионосфере: скорость распространения сигнала; расплывание импульса; связь доплеровского смещения частоты с электронной концентрацией.

#### **Тема 11. Методы решения навигационных задач, используемые в средне орбитальных СРНС (ГЛОНАСС/ GPS).**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дальномерный метод. Псевдодальномерный метод. Разностно-дальномерный метод. Радиально-скоростной метод. Псевдо-радиально-скоростной метод. Разностно-радиально-скоростной метод. Комбинированные методы. Определение ориентации с помощью СРНС.

#### **Тема 12. Радиосигналы и навигационные сообщения СРНС.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные сведения о шумоподобных сигналах и широкополосных системах связи: помехоустойчивость; кодовое разделение абонентов; частотное разделение абонентов; борьба с многолучевостью; измерение координат объектов; электромагнитная совместимость. Структура навигационных радиосигналов: в системе ГЛОНАСС; в системе GPS.

#### **Тема 13. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.**

##### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Навигационные файлы RINEX для GPS. Навигационные файлы RINEX для ГЛОНАСС. Навигационные файлы для RINEX для геостационарных спутников. Файлы данных RINEX для метеорологических данных.

#### **Тема 14. Преобразование данных навигационных спутников.**

##### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Декодирование данных спутников в навигационном приемнике. Решение навигационной задачи.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Общая циркуляция атмосферы.	4	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Распространение электромагнитных волн в тропосфере.	4	5	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
5.	Тема 5. Оптические явления в атмосфере.	4	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Солнечная радиация.	4	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Аэрокосмическое ИК-зондирование поверхности.	4	8	подготовка к реферату	4	реферат
8.	Тема 8. Атмосферное электричество.	4	9	подготовка к презентации	6	презентация
13.	Тема 13. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.	4	16	подготовка к коллоквиуму	8	коллоквиум
14.	Тема 14. Преобразование данных навигационных спутников.	4	17	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				40	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, подготовка и представление докладов, проведение блиц-опросов, применение роли экспертов для студентов.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Общие сведения о воздушной оболочке Земли

### Тема 2. Термодинамика атмосферы.

### Тема 3. Общая циркуляция атмосферы.

устный опрос, примерные вопросы:

Общая циркуляция атмосферы. (ОПК-2, ПК-9)

### Тема 4. Распространение электромагнитных волн в тропосфере.

контрольная работа, примерные вопросы:

Оптические явления в атмосфере. Рассеяние и преломление света в атмосфере. Законы преломления света. Цветовое изменение неба. Радуга, миражи, гало. (ОПК-2, ПК-12, ПК-9)

### Тема 5. Оптические явления в атмосфере.

устный опрос, примерные вопросы:

Оптические явления в атмосфере. (ПК-12, ПК28, ПК-29)



## **Тема 6. Солнечная радиация.**

устный опрос, примерные вопросы:

Солнечная радиация. (ПК-26, ПК-28,

## **Тема 7. Аэрокосмическое ИК-зондирование поверхности.**

реферат, примерные темы:

Аэрокосмическое ИК-зондирование поверхности. Физические основы радиационных измерений. Основные принципы построения схем ИК-радиометров. Построение глобальных радиотепловых полей на основе спутниковых данных для изучения для изучения крупно- и мезомасштабных термодинамических процессов. Возможности классификации подстилающих покровов и наземных объектов для решения навигационных задач на основе радиометрических измерений. (ПК-9, ПК-12, ПК-28, ПК-29)

## **Тема 8. Атмосферное электричество.**

презентация, примерные вопросы:

Атмосферное электричество. Градиент электрического потенциала в атмосфере. Электрические токи. Молнии. Радиопомехи, вызываемые молниями. Шаровые молнии. Особые виды молний: эльфы, спрайты, джеты. Природа полярных сияний. (ОПК-2, ПК-12, ПК-9, ПК-26)

## **Тема 9. Концепции построения радионавигационных систем.**

## **Тема 10. Распространение электромагнитных волн в ионосфере.**

## **Тема 11. Методы решения навигационных задач, используемые в средне орбитальных СРНС (ГЛОНАСС/ GPS).**

## **Тема 12. Радиосигналы и навигационные сообщения СРНС.**

## **Тема 13. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.**

коллоквиум, примерные вопросы:

Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX. Навигационные файлы RINEX для GPS. Навигационные файлы RINEX для ГЛОНАСС. Навигационные файлы для RINEX для геостационарных спутников. Файлы данных RINEX для метеорологических данных. (ПК-9, ПК-2)

## **Тема 14. Преобразование данных навигационных спутников.**

контрольная работа, примерные вопросы:

Преобразование данных навигационных спутников. Декодирование данных спутников в навигационном приемнике. Решение навигационной задачи. (ОПК-2, ПК-9, ПК-12)

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Перечень вопросов к зачёту.

1. Деление атмосферы на слои, их характеристики.
2. Уравнение состояния сухого и влажного воздуха.
3. Понятия относительной влажности, точки росы
4. Уравнения статики атмосферы. Барометрические формулы.
5. Изменение плотности воздуха с высотой. Автоконвективный градиент.
6. Адиабатический процесс.
7. Уравнение Пуассона.
8. Потенциальная температура.
9. Сухоадиабатический градиент. Критерии устойчивости атмосферы по методу частицы.
10. Отклоняющая сила вращения Земли.
11. Циркуляция в атмосфере.
12. Молекулярное поглощение в атмосфере. Окна прозрачности.
13. Рассеяние света в атмосфере.
14. Атмосферная рефракция. Закон Снеллиуса.

15. Показатель преломления электромагнитных волн в атмосфере.
16. Тропосферная задержка.
9. Концепции построения радионавигационных систем.
10. Происхождение и строение ионосферы. Основные факторы влияющие на трансionoсферное распространение радиоволн.
11. Методы решения навигационных задач, используемы в среднеорбитальных радионавигационных спутниковых системах.
12. Широкополосные системы связи использующие шумоподобные радиосигналы.

### 7.1. Основная литература:

- Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девотчак; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с. - ISBN 978-5-7638-2740-8. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492976>
- Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс] : монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 260 с. - ISBN 978-5-7638-2639-5. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=442662>
- Тептин, Герман Михайлович. Физика распространения волн в средах со случайными неоднородностями : методическое пособие / Г. М. Тептин ; Казан. гос. ун-т .? Казань : [Казанский государственный университет], 2007 .? 78 с. : ил. ; 20

### 7.2. Дополнительная литература:

- Хромов С.П. Метеорология и климатология / С. П. Хромов, М. А. Петросянц ; Моск. гос. ун-т. Москва : Издательство Московского университета, 2013 . 581, [1] с.
- Калитеевский Н.Н. Волновая оптика [Электронный ресурс] = Wave Optics : учебное пособие для студентов вузов / Н. И. Калитеевский ./. Изд. 5-е, стер. Электрон. текстовые дан. (1 файл : Кб) . Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008 . /1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ./. (Учебники для вузов, Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- US Coast Guard Navigation Centre - <http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=GPS>
- Глобальная навигационная спутниковая система - <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/>
- Опыты с атмосферным электричеством - [http://iae.ucoz.org/publ/opyty\\_s\\_atmosfernym\\_ehlektrichestvom/3-1-0-19](http://iae.ucoz.org/publ/opyty_s_atmosfernym_ehlektrichestvom/3-1-0-19)
- Планета Земля - [www.google.com](http://www.google.com)
- Распространение радиоволн - Физическая энциклопедия - [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/3307.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/3307.html)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физика атмосферы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

- студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам сети Интернет через в аудитории для самостоятельной работы и с личных мобильных устройств через WiFi-станцию;
- для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Microsoft Power Point в составе Microsoft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adobe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Microsoft);
- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки);
- комплекты лицензионного программного обеспечения для уравнивательных вычислений ГИС Панорама "Карта-2008" 10 лицензий; CREDO DAT, Topcon Trimble (бесплатная версия).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 120100.62 "Геодезия и дистанционное зондирование" и профилю подготовки Космическая геодезия и навигация .

Автор(ы):

Насыров И.А. \_\_\_\_\_

Куштанова Г.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кащеев Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.